www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

13e JAARGANG No. 10, blz. 281-316 OCTOBER 1951

Philips Technisch Tijdschrift

BEHANDELENDE TECHNISCHE VRAAGSTUKKEN
SAMENHANGENDE MET DE PRODUCTEN, WERKWIJZEN EN ONDERZOEKINGEN
VAN DE N.V. PHILIPS' GLOEILAMPENFABRIEKEN

REDACTIE: NATUURKUNDIG LABORATORIUM DER N.V. PHILIPS' GLOEILAMPENFABRIEKEN, EINDHOVEN

RÖNTGEN-CAMERA-FOTOGRAFIE MET BEHULP VAN SPIEGELOPTIEK

door W. HONDIUS BOLDINGH. 778.33: 771.313.26: 616.24-073.75

Het instrumentarium van de röntgenoloog is, uit een oogpunt van veelzijdigheid der toegepaste wetenschappen, vanouds een der meest interessante. De ontwikkeling ervan steunt evenzeer op physische en mechanische als op biologische grondslagen en er komen ook heel wat economie-beschouwingen aan te pas. In een der jongste röntgenologische methoden, de röntgen-camera-fotografie, speelt ten slotte de optica een der hoofdrollen. De toepassing op dit gebied van de bekende spiegeloptiek volgens Schmidt zal in de toekomst wellicht in staat blijken een belangrijke wijziging in de practijk der röntgendiagnostiek te brengen.

Inleiding

De medische röntgendiagnostiek bedient zich thans in hoofdzaak van drie waarnemingsmethoden: de doorlichting, de contact-fotografie en de camera-fotografie. Bij het doorlichten ontstaat een röntgenschaduwbeeld op een fluorescerend scherm, dat door de arts rechtstreeks wordt bekeken. Bij de contact-fotografie vervangt men het scherm door een cassette met een fotografische film. Bij de camera-fotografie wordt, met behulp van een op afstand geplaatste camera, een verkleinde opname van het op een fluorescentiescherm zichtbare beeld gemaakt.

De methode der röntgen-camera-fotografie is, wat het principe betreft, niet veel jonger dan de twee andere. Zij is echter pas in de afgelopen 15 jaar tot ontwikkeling en tot bloei gekomen. Haar toepassingsgebied is (vooralsnog) in hoofdzaak het massa-longonderzoek in dienst van de tuberculosebestrijding. Aan de methode is nl. het essentiële voordeel van de fotografie eigen, dat het beeld wordt vastgelegd, terwijl dank zij het kleine opnameformaat de hoge kosten en andere bezwaren van de contact-fotografie worden vermeden. Het is niet overdreven als wij beweren dat pas door de methode der röntgen-camera-fotografie het periodieke longonderzoek van grote bevolkingsgroepen practisch mogelijk is geworden.

Bij het uitwerken van de apparatuur voor de röntgen-camera-fotografie stonden twee technische problemen voorop: het scheppen van de condities om met de verkleinde foto's toch een zo goed mogelijke beeldkwaliteit te verkrijgen, en het zover mogelijk vereenvoudigen van de bediening van de apparatuur (die eventueel ook transportabel moet zijn.)

Op beide problemen is in vroegere publicaties in dit tijdschrift reeds uitvoerig ingegaan [1)][2)]. In het bijzonder is een beschrijving gegeven van een transportabele installatie voor röntgen-camera-fotografie die tijdens de tweede wereldoorlog door de North American Philips Co. werd ontwikkeld [2)] en die veel opgang heeft gemaakt. De werking van deze installatie was in zo hoge mate geautomatiseerd dat er zonder moeite een stroom van 200 personen per uur mee kon worden verwerkt. Vergeleken met deze installatie, bevatten dan ook de nieuwe apparaten voor massa-longonderzoek die sindsdien door Philips zijn ontwikkeld geen ingrijpende veranderingen ten aanzien van de bediening en de daarmee samenhangende technische voorzieningen. Wèl echter heeft een belangrijke verdere ontwikkeling plaats gehad ten aanzien van het andere genoemde probleem, de condities voor een optimale beeldkwaliteit. Deze ontwikkeling, die reeds een tiental jaren geleden begonnen is, heeft er toe geleid dat de voordien gebruikte camera met lensoptiek,

[1)] A. Bouwers en G. C. E. Burger, Röntgenopnamen met de camera, Philips techn. T. **5**, 270-275, 1940.
[2)] H. J. Di Giovanni, W. Kes en K. Lowitzsch, Een transportabel röntgenapparaat voor massa-longonderzoek, Philips techn. T. **10**, 107-116, 1948.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

een Fairchild camera met als objectief een Kodak Fluoro Ektar, thans vervangen is door een camera met spiegeloptiek, die een aanzienlijk grotere lichtsterkte bezit.

Zonder dat wij ons in een hernieuwde discussie van het probleem der beeldkwaliteit bij de röntgencamera-fotografie begeven, zal het wel duidelijk zijn, dat, bij een gegeven röntgenintensiteit, een verbetering van de beeldkwaliteit mogelijk wordt als men er in slaagt de lichtsterkte van de camera te vergroten. Men kan dan fluorescentieschermen en/of films van geringere gevoeligheid gebruiken, die in het algemeen fijner van korrel zijn en dus een scherper beeld kunnen leveren; òf men kan korter belichten, en zodoende de onscherpte verminderen die door de beweging van het object (hart, bloedvaten en longen) ontstaat. De superioriteit van de thans ontwikkelde spiegelcamera ten opzichte van de lenscamera kunnen wij dan ook het meest direct demonstreren door de nodige belichtingstijd: met de lenscamera bedroeg deze, naar gelang van de dikte van de patient, 0,1 à 0,5 sec, thans kan men ceteris paribus volstaan met 0,04 à 0,20 sec.

Men kan van de grotere lichtsterkte der spiegelcamera ook op geheel andere wijze profijt trekken, nl. door de röntgenintensiteit die voor de opnamen wordt gebruikt te verminderen. Men neemt dan genoegen met eenzelfde bewegingsonscherpte als tot dusverre, kan hiervoor echter volstaan met een aanzienlijk kleinere en goedkopere apparatuur voor het opwekken van de röntgenstralen, terwijl ook met een röntgenbuis met kleiner focus kan worden gewerkt zodat de geometrische onscherpte van het beeld vermindert. Bovendien heeft men het voordeel dat de te onderzoeken personen een kleinere röntgendosis ontvangen.

In dit artikel zal het een en ander omtrent de nieuwe spiegelcamera worden medegedeeld. Wij laten hieraan enkele opmerkingen over spiegelsystemen in het algemeen voorafgaan.

Historische opmerkingen over spiegelsystemen

De toepassing van optische systemen met spiegels is geenszins nieuw: reeds eeuwen worden ze voor astronomische doeleinden gebruikt. De reden is, dat spiegelsystemen (althans wanneer ze niet tevens lichtbrekende oppervlakken bevatten) vrij zijn van kleurschifting. Wel kleven er twee bezwaren aan. Het eerste is gelegen in het feit dat men, om het teruggekaatste licht op te vangen, hetzij in een oculair, hetzij op een fotografische film of plaat, onvermijdelijk een constructie-element in de stralengang moet brengen dat een deel van het op de spiegel vallende licht onderschept. Het tweede bezwaar, van technologische aard, was de moeilijkheid spiegelende oppervlakken te maken van hoog reflectievermogen die tijdens het gebruik niet in reflectievermogen achteruitgaan.

Het eerstgenoemde nadeel weegt voor astronomische kijkers niet zeer zwaar, omdat hier met een heel klein gezichtsveld kan worden volstaan (minder dan 1 à 2°) en derhalve slechts een klein deel van het opvallende licht behoeft te worden onderschept. Bij andere toepassingen, met name voor de normale fotografie, is het vereiste gezichtsveld vele malen groter, waardoor men een aanzienlijk grotere hoeveelheid licht verliest. Samen met het tweede genoemde nadeel was dit de oorzaak, dat in de vorige eeuw voor camera-optiek alleen lenssystemen werden toegepast. Immers, voor een gegeven toelaatbare grootte der afbeeldingsfouten kon men, wegens het vermelde lichtverlies, met de spiegels toch geen grotere lichtsterkte verkrijgen dan met lenzen: de spiegels waren niet vrij van afbeeldingsfouten als sferische aberratie en beeldveldkromming, en anderzijds had men geleerd de kleurschifting der lenzen door combinatie van verschillende glassoorten tot op zekere hoogte op te heffen.

Door twee factoren zijn in het laatste decennium de kansen voor spiegelobjectieven voor niet-astronomische doeleinden aanzienlijk verbeterd. De techniek van het opdampen van spiegelende lagen op glas is dermate vooruitgegaan dat de houdbaarheid geen beletsel meer behoeft te vormen, en er is een eenvoudige methode gevonden waardoor de voornaamste afbeeldingsfout van een spiegel: de sferische aberratie, vrijwel geheel kan worden opgeheven. Deze methode, door B. Schmidt uitgevonden en uitgewerkt voor astronomische toepassing [3]), berust op het gebruik van een correctieplaat van bepaald profiel, die in het kromtemiddelpunt van een sferische holle spiegel wordt geplaatst. Dank zij deze verbetering was het nu wèl mogelijk met een spiegelsysteem grotere lichtsterkten dan met lenssystemen te bereiken, ook bij groot gezichtsveld.

Het feit dat de situatie voor de spiegeloptiek thans zoveel gunstiger is geworden, werd door verschillende constructeurs ingezien [4]) en heeft tot verschillende practische toepassingen van spie-

---

[3]) B. Schmidt, Ein lichtstarkes, komafreies Spiegelsystem, Mitt. Hamburger Sternwarte Bergedorff **7**, 15-17, 1932.

[4]) Zie bijv.:
D. D. Maksutov, New catadioptric meniscus systems, J. Opt. Soc. Amer. **34**, 270, 1944.
A. Bouwers, Achievements in optics, Elsevier Publ. Co., Amsterdam 1946.
H. Rinia en P. M. van Alphen, A new method of producing aspherical optical surfaces, Proc. Kon. Ned. Ak. Wet. Amsterdam **49**, 146-149, 1946.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

gelsystemen buiten de astronomie geleid. Eén daarvan, voor televisie-ontvangst met geprojecteerd beeld, is in dit tijdschrift enkele jaren geleden uitvoerig besproken [5]). In verband daarmee zijn toen ook de grondslagen van de Schmidt-optiek en de constructie van het bovenvermelde correctie-element behandeld [6])[7]). Wij kunnen er dus hier kort over zijn, temeer daar de spiegeloptiek van onze röntgencamera vrijwel identiek is met die van de beschreven televisie-ontvanger. Er moge alleen nog worden opgemerkt dat het geen toeval is, dat de spiegeloptiek juist in deze toepassingen zo geredelijk ingang vindt, gereder dan in de gewone fotografie. Bij de spiegeloptieken geldt nl., in hogere mate dan bij lensoptieken, dat de opheffing van de voornaamste afbeeldingsfouten slechts volledig (of nagenoeg volledig) kan zijn voor een bepaalde voorwerpsafstand. In de gewone fotografie moet voor deze afstand een zekere speling worden toegelaten, terwijl in de opstellingen voor televisie-projectie en voor röntgen-camera-fotografie, evenals in de astronomie, met een vaste voorwerpsafstand wordt gewerkt. Bovendien wordt bij de Schmidt-optiek niet de beeldveldkromming opgeheven, hetgeen voor de normale fotografie nogal bezwaarlijke complicaties zou meebrengen, terwijl er bij de andere vermelde toepassingen betrekkelijk gemakkelijk rekening mee kan worden gehouden.

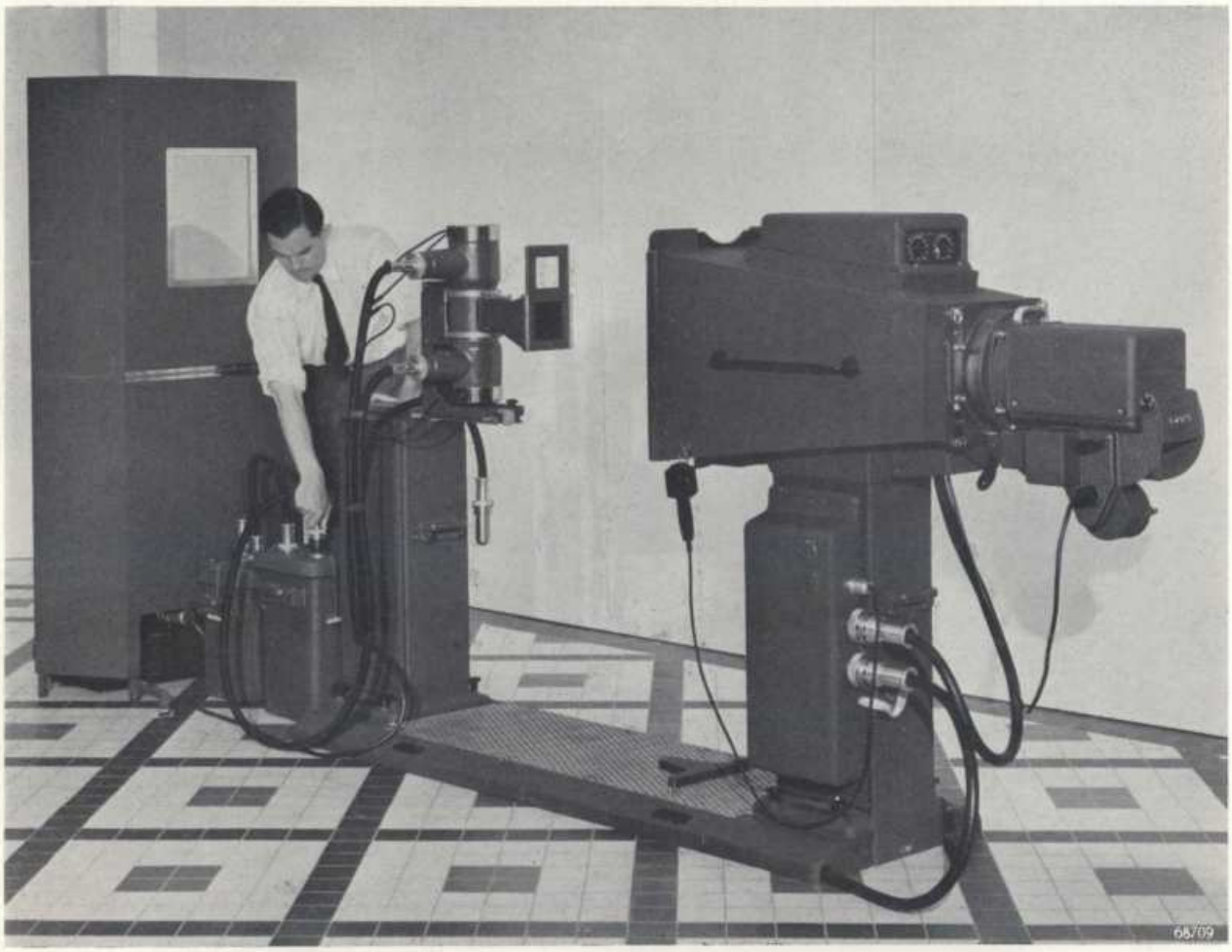


Fig. 1. Installatie voor massa-onderzoek met röntgen-camera-fotografie (type no. 11490). Links de hoogspanningsgenerator en bedieningslessenaar met metalen beschermingswand voor het bedienende personeel, in het midden de röntgenbuis, rechts een lichtdichte koker, met aan het linkereinde het fluorescerende scherm, aan het rechtereinde de spiegelcamera.

[5]) P. M. van Alphen en H. Rinia, Een televisie-ontvanger met geprojecteerd beeld, Philips techn. T. **10**, 97-106, 1948.

[6]) W. de Groot, Optische fouten bij afbeelding door lenzen en spiegels, Philips techn. T. **9**, 301-308, 1947.

[7]) H. Rinia en P. M. van Alphen, De vervaardiging van correctieplaten voor Schmidt-optieken, Philips techn. T. **9**, 349-356, 1947.

Beschrijving van de spiegelcamera

Een der nieuwe Philips apparaturen voor röntgencamera-fotografie is in *fig. 1* afgebeeld, inclusief de hoogspanningsgenerator en de bedieningslessenaar, die wij echter in dit verband niet meer nader

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

behoeven te bespreken. De patient gaat met de borst tegen het voorvlak van de „koker" staan, aan welks andere einde de spiegelcamera is bevestigd; zie *fig. 2*, die tevens nog een beter beeld van de camera geeft.

In *fig. 3* is de koker met de camera schematisch in doorsnede weergegeven. De door het fluorescentiescherm uitgezonden lichtstralen passeren de correctieplaat *C*, vallen op de holle spiegel *S* en worden op het gevoelige oppervlak van de filmstrook *F* ter plaatse van het beeldvlak van de optiek verenigd. Het schermbeeld van 42 × 42 cm² wordt daarbij 10,5 maal verkleind, tot een beeldafmeting is. De film moet daarom tijdens de opname bolvormig worden gekromd, concentrisch met de spiegel, met de bolle zijde naar de spiegel toe. De juiste deformatie van de film wordt verkregen door deze met behulp van een bolvormig gekromde plaat (straal 103,5 mm) van achteren tegen het vierkante filmraam te drukken. Het is op het eerste gezicht wellicht verrassend dat dit boldrukken van de filmstrook (waarbij het filmmateriaal in het midden wordt gerekt, aan de randen ingedrukt) zonder bezwaar mogelijk is. De film moet daartoe een binnen bepaalde grenzen gelegen dikte hebben. Is ze te dik dan bestaat kans op scheuren, is ze

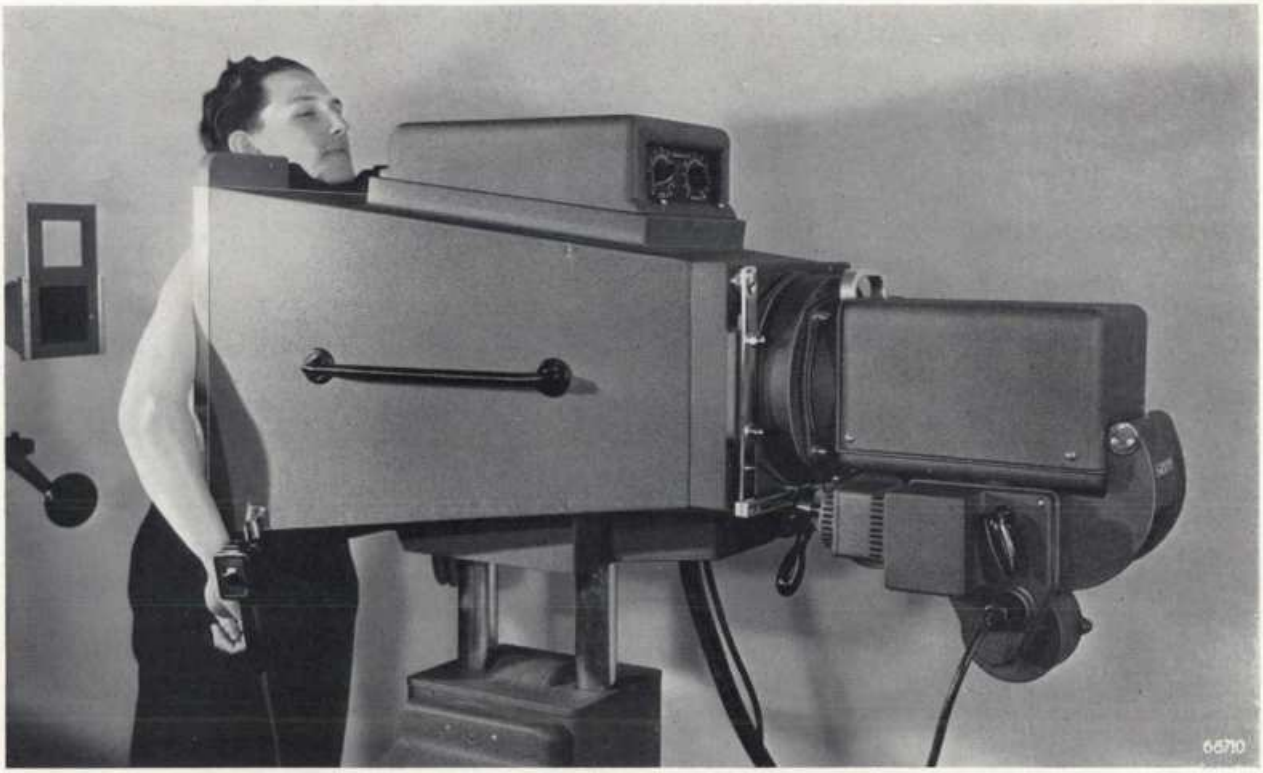


Fig. 2. De koker met de spiegelcamera tijdens het gebruik. Als de te onderzoeken persoon in de juiste stand is gebracht en zijn identificatiekaart in een gleuf van de koker is geschoven, behoeft de bedienende persoon slechts op een knop te drukken, waardoor de opname wordt gemaakt en automatisch alles in gereedheid wordt gebracht voor de volgende opname. In het bijzonder wordt door een belichtingsautomaat, die men boven op de koker gemonteerd ziet, de belichting afgebroken zodra een bepaalde gemiddelde zwarting van de film is geproduceerd. De enige instelling die het personeel behoeft te verrichten, is de keuze van één van drie vaste waarden voor de spanning op de röntgenbuis, naar gelang van de dikte van de te onderzoeken persoon, en het instellen van de koker en röntgenbuis op de juiste hoogte.

van 40 × 40 mm², waarvoor een ongeperforeerde rolfilm van 45 mm breedte wordt gebruikt. De cassettes van de camera kunnen een filmrol met de normale lengte van 30 meter film bevatten, waarop ca 600 beeldjes kunnen worden opgenomen.

Zoals wij reeds aanstipten, wordt bij de Schmidtoptiek de beeldvlakkromming niet opgeheven, in tegenstelling tot wat men bij lensoptieken gewend te dun dan kunnen rimpels of kreuken ontstaan. Een dikte van 0,15 mm bleek geschikt te zijn.

Het filmtransport is, evenals alle andere bedieningsmanipulaties, volledig geautomatiseerd. Na het posteren van de te onderzoeken persoon en na het inzetten, in een gleuf van de koker, van een identificatiekaart, waarvan het nummer bij de opname wordt meegefotografeerd, behoeft de be-

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

dienende persoon slechts op een knop te drukken. Automatisch wordt dan de röntgenbuis in werking gesteld en na de juiste belichtingstijd weer uitgeschakeld, de boldrukinrichting losgemaakt, de filmstrook een beeldlengte verdergetrokken, de film opnieuw bol gedrukt, en een vergrendeling in werking gesteld die een volgende opname pas mogelijk maakt als de identificatiekaart verwisseld is. Deze en andere beveiligingen tegen vergissingen, alsmede de bijbehorende signalering, zullen wij hier niet uitvoerig bespreken, evenmin als de belichtingsautomaat (zie fig. 2 en 3) en andere hulpapparatuur. Wij verwijzen hiervoor naar het in [2]) aangehaalde artikel.

Voor het verwisselen van de filmrol kan het gehele transportmechanisme met de filmhouder omlaag worden geklapt. De foto *fig. 4* toont de camera in aldus geopende toestand.

Wat de belangrijkste eigenschap van de camera betreft, nl. de lichtsterkte, deze hebben wij hierboven al globaal aangegeven door de vereiste belichtingstijd voor longopnamen te vergelijken met die voor de vroeger gebruikte lenscamera. Men zal echter wellicht ook een opgave wensen in termen die een directe vergelijking met willekeurige camera's veroorloven. Voor normale fotografische camera's, met niet al te grote lichtsterkte, is het gebruikelijk hiervoor de relatieve opening D/f te vermelden; D is de diameter van het diafragma dat de nuttig gebruikte lichtbundel begrenst, f is de brandpuntsafstand. Wij zouden deze grootheid natuurlijk ook voor onze spiegelcamera kunnen opgeven, maar er dient te worden opgemerkt, dat de relatieve opening hier geen juiste maat voor de lichtsterkte van de optiek is. Deze kwestie, die reeds aanleiding gegeven heeft tot heel wat misvattingen, lijkt ons belangrijk genoeg om ze hier wat nader te bespreken.

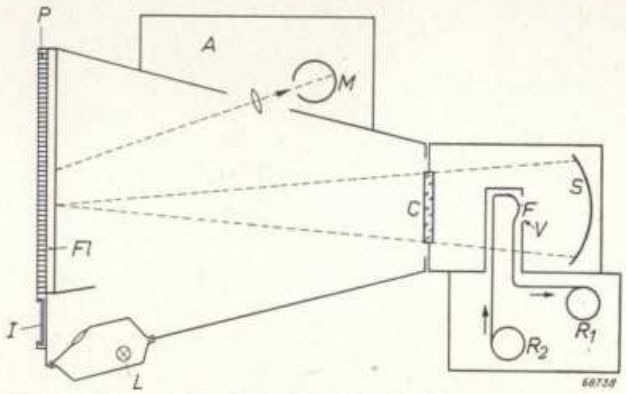


Fig. 3. Schematische doorsnede van de koker en de spiegelcamera. *Fl* fluorescerend scherm, *P* raster dat van de onderzochte persoon uitgaande gestrooide röntgenstralen tegenhoudt, *S* sferische spiegel, *C* correctieplaat, *F* filmstrook, bolgedrukt tegen het filmvenster *V*, R_1 en R_2 open afspoelrol voor 30 meter film; *A* belichtingsautomaat met multiplicatorbuis *M* (deze meet de helderheid van een bepaald gedeelte van het fluorescerend scherm en regelt hiernaar de tijd gedurende welke de stroom door de röntgenbuis ingeschakeld blijft); *I* identificatiekaart, *L* lampje voor het verlichten hiervan.

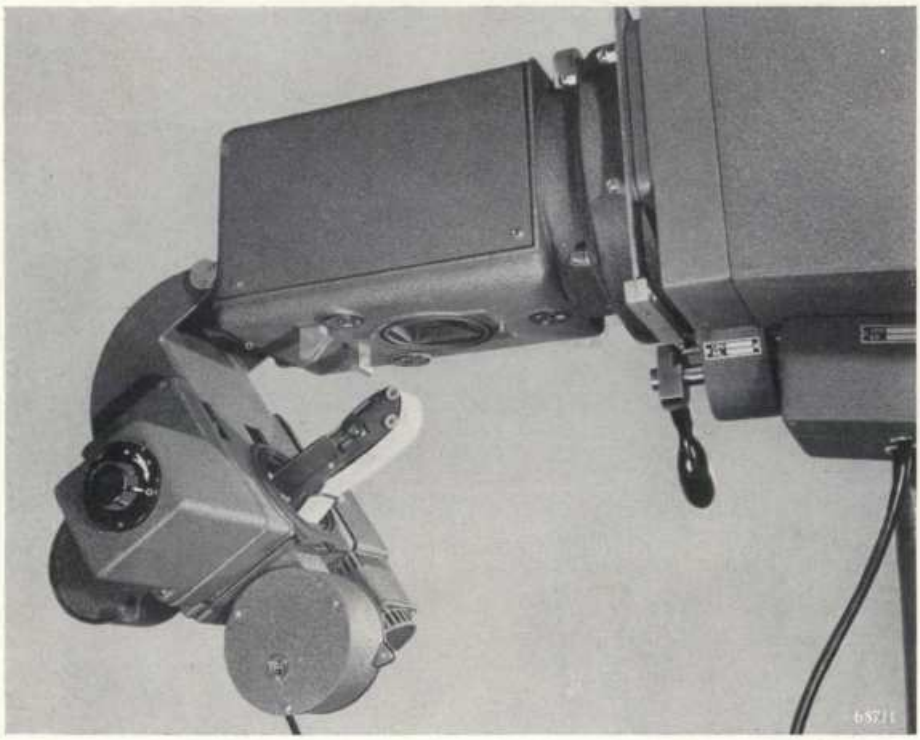


Fig. 4. De spiegelcamera met neergeklapte filmhouder.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

De lichtsterkte van optische systemen in het algemeen

Waar het om gaat, is de verlichtingsterkte die teweeggebracht wordt op het beeldvlak. Hoe hangt deze met de „relatieve opening" samen?

Wij nemen aan dat het voorwerp een lichtend vlak met een helderheid B is, hetwelk loodrecht op de as van het optisch systeem is geplaatst, en dat het voorwerp straalt volgens de wet van Lambert. De stralen die van een op de as gelegen oppervlakte-elementje ΔS van het voorwerp uitgaan en de optiek binnentreden, vullen een kegel waarvan wij de halve tophoek met α aanduiden (*fig. 5*).

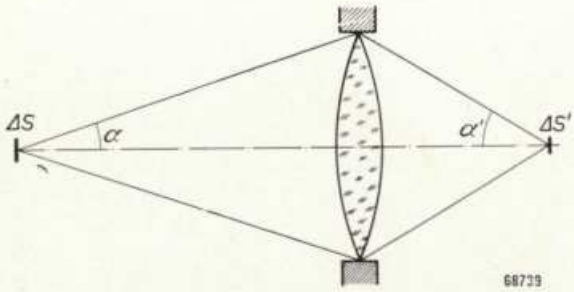


Fig. 5. Het stralenbegrenzende diafragma van een optisch systeem (met lenzen of spiegels) vangt van een oppervlakte-elementje ΔS van het voorwerp een lichtkegel op met halve openingshoek α.

De door de optiek opgevangen lichtstroom uit ΔS is dan $\Delta S \cdot \pi B \sin^2 \alpha$. Deze lichtstroom valt in het beeld op een oppervlak ter grootte $\Delta S'$, waarvan de verlichtingsterkte dus

$$\frac{\Delta S}{\Delta S'} \pi B \sin^2 \alpha \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1)$$

bedraagt. Duidt men de lineaire verkleining van de afbeelding, de „reductiefactor", aan met r, dan is $\Delta S/\Delta S' = r^2$.

Om aan te sluiten bij bestaande definities, schrijven wij de verlichtingsterkte op het beeldvlak als

$$\tfrac{1}{4}\pi B \cdot \frac{1}{N^2} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1a)$$

en noemen de grootheid $1{:}N$, die volgens het bovenstaande gegeven wordt door

$$\frac{1}{N} = 2r \sin \alpha \,, \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (2)$$

de „apertuurverhouding" van het optische systeem voor de gegeven reductiefactor. Deze grootheid is in 1950 onder de naam „aperture ratio" door de British Standards Institution aangenomen als maat voor de lichtsterkte van fotografische objectieven. Zoals uit de gegeven afleiding blijkt, geeft de grootheid rechtstreeks het door de geometrische situatie bepaalde lichtvangvermogen van het optische systeem aan.

Vaak, o.a. in de formulering door de British Standards Institution, wordt gebruikt de halve tophoek α' van de lichtkegel aan de beeldzijde, welke op het beeldvlak valt, indien de optiek scherp gesteld staat voor de reductiefactor r (zie fig. 5). Voor een optisch systeem vrij van coma geldt de sinusvoorwaarde:

$$\frac{\sin \alpha'}{\sin \alpha} = r \,.$$

De waarde $\sin \alpha' = r \sin \alpha$ is de door Von Abbe voor microscoop-objectieven ingevoerde „numerieke apertuur" (welke dus, evenals de apertuurverhouding, slechts geldt voor een bepaalde reductiefactor, in casu de vergroting die bij de tubuslengte behoort en die op het microscoop-objectief aangegeven is).

Wij kunnen $1{:}N$ als volgt in verband brengen met de relatieve opening D/f. Denken wij ons allereerst het eenvoudige geval van een dunne enkelvoudige lens, waarbij het diafragma ligt in het vlak van de lens (*fig. 6*). Daarvoor gelden de uit elementaire leerboeken bekende lenzenformules. Voor de voorwerpsafstand v, gerekend van het voorwerp tot het diafragma, d.i. in dit geval de lens zelf, geldt dat $v = f(r+1)$, en uit fig. 6 volgt, dat

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{D}{2v} = \frac{D}{2f\,(r+1)} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (3)$$

Nu is bij alle hier in aanmerking komende gevallen de halve tophoek α van de opgevangen lichtkegel zo klein dat de tangens gelijk aan de sinus te stellen is. Wij kunnen dus de formule voor $1{:}N$ herleiden tot [8]):

$$\frac{1}{N} \approx 2r \operatorname{tg} \alpha = \frac{D}{f} \frac{r}{r+1} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (4)$$

Formule (4), die hier afgeleid werd voor een dunne enkelvoudige lens, mag eveneens voor de samengestelde, lichtsterke fotografische objectieven worden toegepast. Als voorwerpsafstand moet

---

[8]) Zonder de genoemde vereenvoudiging vindt men, met behulp van het bekende verband tussen sinus en tangens,

$$\sin^2 \alpha = \frac{\operatorname{tg}^2 \alpha}{1 + \operatorname{tg}^2 \alpha}, \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (5)$$

de algemenere betrekking:

$$\frac{1}{N} = \frac{D}{f} \frac{r}{\sqrt{(r+1)^2 + \left(\frac{D}{4f}\right)^2}} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (6)$$

De vereenvoudiging is toelaatbaar omdat in alle in aanmerking komende systemen D/f niet groter is dan 1,5 (het „f-getal" niet kleiner dan $1/1{,}5 = 0{,}67$) en de verkleining r minstens 5. Dan is nl. $(D/4f)^2 \ll (r+1)^2$, wat, als men naar verg. (3) en (5) ziet, op hetzelfde neerkomt als $\operatorname{tg} \alpha \approx \sin \alpha$ ($\alpha < 7°$).

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

daarbij weliswaar beschouwd worden de afstand tot het „voorwerpshoofdvlak" van het objectief, maar het stralenbegrenzende diafragma bij deze objectieven mag bij benadering ondersteld worden in dit vlak te liggen, zodat de afleiding onveranderd blijft.

Bij spiegelsystemen echter is de situatie anders. Als diafragma fungeert daarbij de vatting van de correctieplaat, die in het kromtemiddelpunt van de spiegel wordt geplaatst en dus een afstand $2f$ vóór de top van de spiegel (d.i. met goede benadering de plaats van het voorwerpshoofdvlak van het optische systeem) ligt; zie *fig. 7*. De afstand van voorwerp tot diafragma bedraagt in dit geval:

$$v - 2f = f(r+1) - 2f = f(r-1)\,.$$

Formule (3) voor de tophoek van de opgevangen lichtkegel moet derhalve worden vervangen door:

$$\operatorname{tg} a = \frac{D}{2f\,(r-1)} \quad \ldots\ldots \quad (3a)$$

en formule (4) — bij dezelfde vereenvoudigende onderstelling dat a niet te groot is — door:

$$\frac{1}{N} = \frac{D}{f}\,\frac{r}{r-1}. \quad \ldots\ldots \quad (4a)$$

Nu kunnen wij de conclusies trekken waar het in dit hoofdstuk om begonnen is. Uit de formules (4) en (4a) ziet men dat bij zeer grote voorwerpsafstanden, dwz. zeer sterke verkleiningen

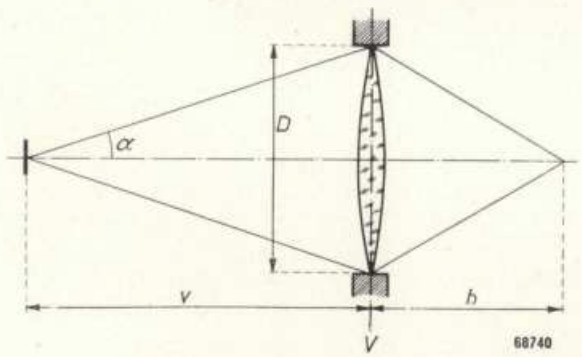


Fig. 6. Stralengang door een dunne lens. V is het voorwerpshoofdvlak (dat voor een dunne lens samenvalt met het beeldhoofdvlak), v de voorwerpsafstand, b de beeldafstand.

(waarbij $r+1 \approx r \approx r-1$), zowel voor lens- als voor spiegeloptieken, eenvoudig geldt $1:N = D/f$, met andere woorden, men vindt de bekende regel terug dat de verlichtingsterkte in het beeld evenredig is met het quadraat van de relatieve opening. Bij betrekkelijk geringe verkleiningen daarentegen, zoals in de röntgen-camera-fotografie worden toegepast, is D/f alléén niet voldoende om de lichtsterkte aan te geven, en vooral niet als men een spiegeloptiek met een lensoptiek wil vergelijken. De reductiefactor moet dan terdege in aanmerking genomen worden, hetgeen het best geschiedt door de „apertuurverhouding" $1:N$, met vermelding van de reductiefactor, op te geven.

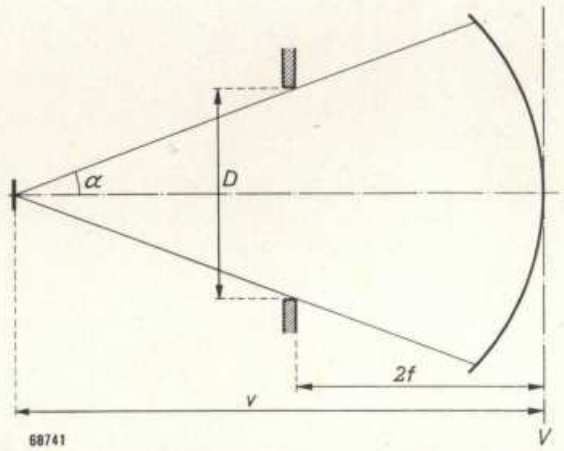


Fig. 7. Bij een spiegeloptiek ligt het stralenbegrenzende diafragma een afstand $2f$ vóór het voorwerpshoofdvlak V. Bij eenzelfde voorwerpsafstand v en diafragmadiameter D is hierdoor de openingshoek $2a$ van de opgevangen lichtkegel groter dan bij een lensoptiek.

Gezien het feit dat de grootheid $1:N = 2r \sin a$ rechtstreeks het geometrische lichtvangvermogen van de optiek aangeeft, ligt het voor de hand hierin de bij spiegelsystemen onvermijdelijke schaduwfactor, welke eveneens van geometrische aard is, mede te verwerken. (Op het belang van deze schaduwfactor hebben wij in het hoofdstukje over de historie al gewezen.) De nuttige lichtkegel, die de openingshoek $2a$ heeft, maar die gedeeltelijk onderschept wordt door de filmhouder, is — wat betreft de verlichtingsterkte van het beeldvlak — aequivalent met een in het geheel niet onderschepte lichtkegel met een kleinere openingshoek $2a_{\text{eff}}$. De grootheid $2r \sin a_{\text{eff}}$, weer geschreven als breuk met teller 1, willen wij nu de „effectieve apertuurverhouding" noemen. Op basis van dit getal is een juiste vergelijking van de lichtsterkte van lensoptieken en spiegeloptieken mogelijk.

De lichtsterkte van de Philips spiegelcamera

Onze röntgen-spiegelcamera heeft een brandpuntsafstand van 100 mm en een diafragmadiameter (diameter van de correctieplaat) van 115 mm. Voor een reductiefactor $r = 10{,}5$ berekent men dus volgens verg. (4a) een apertuurverhouding van $1:N = 1:0{,}79$. De schaduwfactor bedraagt ca 0,45, dwz. 55% van het licht wordt door de filmhouder onderschept. De effectieve apertuurverhouding is derhalve 1:1,17. Dit kan men vergelijken met de apertuurverhouding van de vroeger gebruikte

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

lensoptiek, welke 1:1,9 bedroeg, bij een reductiefactor 6 (filmbreedte 70 mm).

Behalve op het geometrische lichtvangvermogen moet bij een optiek ook worden gelet op de lichtverliezen door reflectie of absorptie in de onderdelen van het systeem. Bij de beschouwde lensoptiek zijn de lensoppervlakken voorzien van reflectieverminderende laagjes, zodat de lichtverliezen in dat objectief slechts 15% bedragen. In de spiegelcamera zijn de verliezen in de optiek groter: aan de oppervlakken van de correctieplaat gaat 20% van het licht door reflectie verloren, en door absorptie aan het spiegeloppervlak verliezen wij nogmaals 20%. Het verschil wordt echter vrijwel geheel gecompenseerd door het feit dat bij gebruik van een lenscamera nog 20% van het licht verloren gaat door een plaat van loodglas, die tussen het fluorescerende scherm en de camera moet worden geplaatst om de film tegen de röntgenstralen te beschermen die door het scherm dringen. Bij de spiegelcamera is deze plaat niet nodig, aangezien de metalen delen van de filmhouder de röntgenstralen voldoende absorberen. (Om geen röntgenstralen naar buiten te laten treden, wordt de koker nu met een dun laagje lood gevoerd.)

Volgens de gegeven afleiding levert $(1/N)^2$, vermenigvuldigd met $\frac{1}{4}\pi B$ en met een transmissiefactor die de zojuist genoemde lichtverliezen in rekening brengt, rechtstreeks de verlichtingsterkte op de film. Dit geldt echter alleen voor het midden van het gezichtsveld. Naar de randen van het beeld toe neemt de verlichtingsterkte door verschillende oorzaken af, o.a. door het feit dat scheef in het objectief vallende lichtbundels behalve door het diafragma nog gedeeltelijk worden begrensd door de vattingen van de lenzen of de spiegel in het systeem. Bij ons spiegelsysteem heeft dit effect, dat met de naam vignettering wordt aangeduid, minder invloed dan bij lenssystemen. Dit is juist bij het maken van longfoto's van belang, omdat daarbij het midden van het beeld de arts in mindere mate interesseert. De meeste afwijkingen treden namelijk op in de laterale delen. Nemen wij, om de gedachten te bepalen, als representatief gedeelte een zone op ongeveer $\frac{1}{4}$ van de rand van het gezichtsveld (*fig. 8*), dan constateren wij bij de lensoptiek een daling van de verlichtingsterkte tot 45%, in ons spiegelsysteem slechts tot 70% van die in het midden.

De helderheid B van het fluorescerende scherm, die tezamen met de lichtsterkte van de optiek de verlichtingsterkte van de film en daarmee de nodige belichtingstijd bepaalt, hangt af van de hardheid en intensiteit der röntgenstraling en van de dikte (absorptie) der te onderzoeken persoon. Voor de practijk is het gewenst, de vereiste belichtingstijd rechtstreeks als functie van de optredende variabelen aan te geven. Dit is gedaan

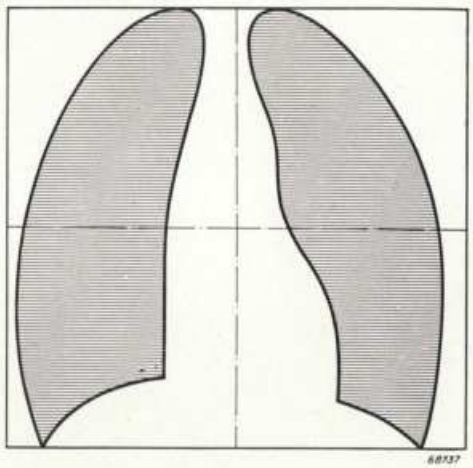


Fig. 8. Ligging van de longen in een longfoto.

in de grafiek *fig. 9*, die berust op gegevens verzameld bij het periodieke longonderzoek van het Philips personeel te Eindhoven [9]). De grafiek heeft betrekking op een doelmatig gekozen combinatie van film, fluorescentiescherm en strooistralenraster; de röntgenbuis is bij alle spanningstrappen met eenzelfde vermogen (14 kW) belast. Men ziet, dat bij indeling van de bevolking in drie diktegroepen, waarvoor resp. de buisspanning gelijk aan 70, 85 en 100 kV wordt gekozen, alle opnamen gemaakt kunnen worden met belichtingstijden liggende tussen 0,04 en 0,20 sec.

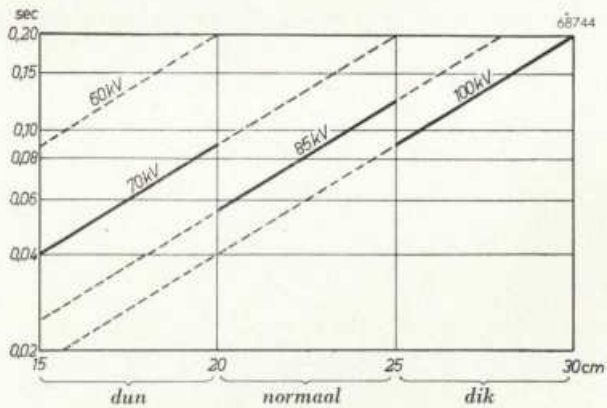


Fig. 9. Belichtingstijden voor longopnamen met de 45 mm-spiegelcamera, als functie van de dikte van de te onderzoeken persoon, voor drie waarden van de buisspanning. De buis is hierbij steeds met 14 kW belast, de afstand van het röntgenfocus tot het fluorescerende scherm is 90 cm. Fluorescentiescherm Levy West 48, film Gevaert Scopix G.

[9]) G. C. E. Burger, niet gepubliceerd.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

Het formaat van de opnamen

Wij hebben gezien dat de spiegelcamera is geconstrueerd voor gebruik van 45 mm-film, terwijl de vroeger beschreven lenscamera met 70 mm-film werkte. Dit verschil in beeldformaat vraagt om een commentaar.

Voor de beoordeling van de relatieve merites van de beide beeldformaten zijn in hoofdzaak drie gezichtspunten van belang.

1) Zien we terug naar de grondgedachte van de röntgen-camera-fotografie, de besparing van materiaal- en andere kosten, dan lijkt het kleinere beeldformaat het meest logische. Doorslaggevend is deze overweging niet, omdat bij het 70 mm-formaat de kosten van de opname al zover gereduceerd zijn dat zij geen belangrijke rol meer spelen vergeleken bij de overige kosten van het massa-onderzoek.

2) Voor het grotere formaat zou kunnen pleiten dat daarbij de beelden desnoods met het blote oog kunnen worden bekeken; een serieuze beoordeling echter zal zowel voor de 70 mm- als voor de 45 mm-film toch in ieder geval moeten steunen op vergrote waarneming, hetzij met een loupe hetzij met behulp van een projectie-apparaat.

3) Ten slotte de belangrijke kwestie van de beeldkwaliteit. Bij een al te klein beeldformaat zal de (relatieve) scherpte ongunstig beïnvloed worden door de korreligheid van de film. Dit is de reden waarom wij van de aanvankelijk voor de röntgen-camera-fotografie gebruikte 35 mm-film, waarop beeldjes van hoogstens 30 mm breedte werden verkregen, zijn afgestapt. Bij de thans door ons gekozen 45 mm-film heeft men, mits met een der tegenwoordig beschikbare zeer fijnkorrelige filmsoorten wordt gewerkt, van de korrel geen last meer. Ontegenzeggelijk kan men echter voor een nog groter opnameformaat bij eenzelfde scherpte een grovere filmkorrel toelaten en zodoende profiteren van de omstandigheid dat een grofkorrelige emulsie een grotere gevoeligheid heeft en dus een kortere belichtingstijd mogelijk maakt.

Technisch is het zeer wel mogelijk een spiegelcamera voor een groter beeldformaat te construeren [10]). Men moet dan met een overeenkomstig grotere brandpuntsafstand werken. Dit is te begrijpen, als men let op de grootte van het gezichtsveld, die globaal gegeven wordt door het quotient van beelddiagonaal en brandpuntsafstand en die bij onze 45 mm-camera ca 25° bedraagt. Het gezichtsveld wordt beperkt door het optreden van afbeeldingsfouten van hogere orde bij grotere hoeken. Baseren we onze beschouwing op eenzelfde toelaatbare gezichtsveld, dan zal een 70 mm-camera ruwweg een $70/45 \approx 1{,}5$ maal zo grote brandpuntsafstand moeten hebben als de 45 mm-camera. Daar dan aan de correctieplaat en spiegel, om eenzelfde relatieve opening D/f te krijgen, een evenredig grotere doorsnede moet worden gegeven, komt men dus onvermijdelijk tot een aanzienlijk grotere en zwaardere en dus ook kostbaarder constructie dan voor het 45 mm-formaat.

Het is een open vraag, of de medische wereld een eventuele verbetering van de beeldkwaliteit en het iets grotere gemak van het bekijken der 70 mm-beeldjes belangrijk genoeg zal achten om de aanzienlijk grotere kosten (en slechtere transporteerbaarheid) van een 70-mm camera voor het massa-longonderzoek te rechtvaardigen. Overigens zijn er behalve de hier behandelde technische en economische gezichtspunten natuurlijk ook factoren als traditie en gewoonte. In sommige landen zijn de medici, die al verscheidene jaren met lenscamera's voor 70 mm-film hebben gewerkt, zozeer op dat formaat ingesteld dat zij wellicht hieraan de voorkeur zullen blijven geven.

Mechanische constructie van de camera

Fig. 10 geeft een beeld van de hier behandelde spiegelcamera in een, nog vrij sterk vereenvoudigde, doorsneetekening. Er is reeds gezegd dat wij de voorzieningen van het filmtransport enz., die niet essentieel verschillen van die bij de lenscamera, hier niet nader willen beschrijven. Slechts enkele constructieproblemen die vastzitten aan de spiegelcamera willen wij bespreken.

De plaats van de film ten opzichte van de spiegel is zeer critisch; een verschuiving in de asrichting van 0,02 mm veroorzaakt reeds een merkbare vermindering van de beeldscherpte. Dit hangt samen met de zeer grote apertuurverhouding van de camera (zeer grote hoek waaronder de stralen in een beeldpunt samenkomen). Een zeer robuuste constructie en nauwkeurige afwerking van de mechanische onderdelen, die de film en de spiegel dragen, bleek nog niet voldoende te zijn om de juiste afstand te waarborgen: het was ook nodig de invloed van de thermische uitzetting der onderdelen te elimineren. Hiertoe werd gebruik gemaakt van metalen met verschillende uitzettingscoëfficient, zoals o.a. ook in uurwerken voor het constanthouden van de slingerlengte wordt gedaan. Het camerahuis, waarin de correctieplaat met een

[10]) In Denemarken is al enige jaren geleden een spiegelcamera voor 70 mm-film gebouwd; zie Amer. J. Röntg. Rad. Therapy **59**, 416-419, 1948. Een meer recente uitvoering van een 70 mm-camera is die van A. Bouwers (Fortschr. a.d. Geb. Röntgenstr. **74**, 578, 1951, No. 5).

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

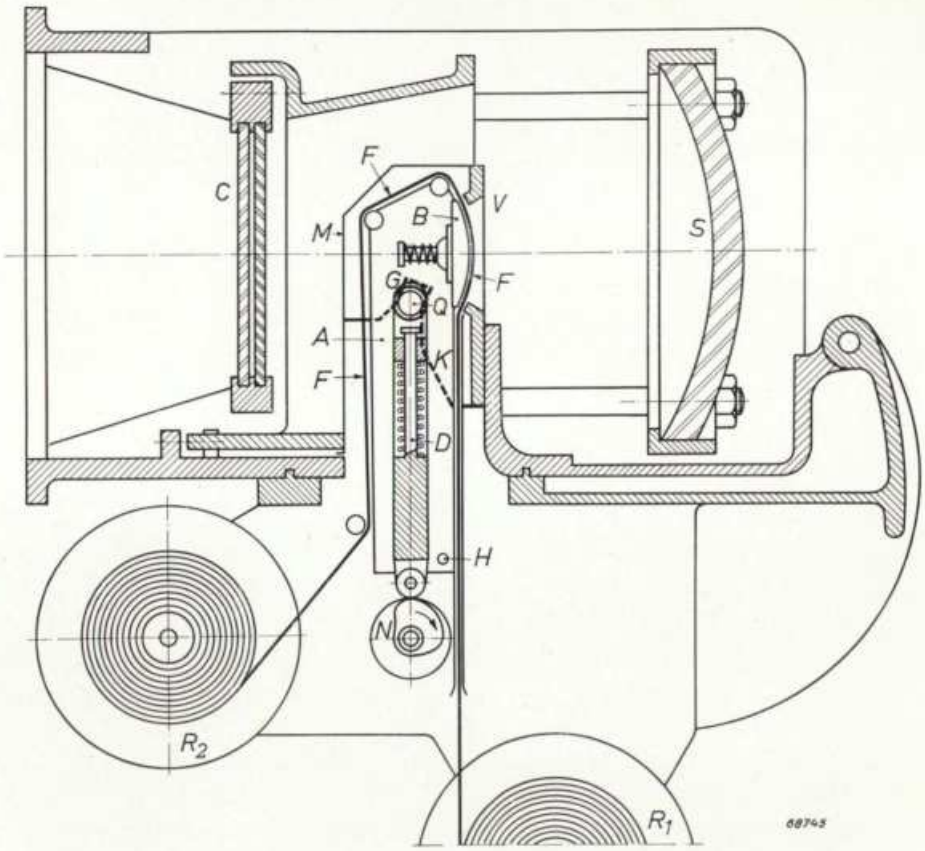


Fig. 10. Lengtedoorsnede van de spiegelcamera. De tekening is nog sterk vereenvoudigd; in het bijzonder zijn alle details van het automatische filmtransport en de daarmee gekoppelde vergrendeling en signalering weggelaten. Behalve de reeds besproken onderdelen, zoals de spiegel S en de correctieplaat C — die men hier in de juiste verhoudingen van grootte en afstanden ziet —, toont de figuur enkele details van de filmhouder en de inrichting voor het boldrukken van de film. V vast filmvenster, waarop een kapje K met schuine gleuf G bevestigd is; A om het asje H scharnierende arm, die de geleidingsrollen voor de film F draagt en waarop, achter de filmbaan, de boldrukplaat B met een kogelgewricht is bevestigd. Door een nokkenschijf N en drukstang D wordt, via een veer, de rol Q omhoog gedrukt; deze draait daarbij, in de schuine gleuf G glijdend, de gehele arm A naar het filmvenster toe en de boldrukplaat klemt de film met een kracht van 16 kg hier tegenaan, zodat de film bol in de opening komt te staan. De arm A met de film is, afgezien van het filmraam V, door een metalen huis M lichtdicht afgesloten.

vattingsring is gemonteerd en waaraan de filmhouhouder (aan het andere einde) scharnierend is bevestigd (zie fig. 10 en ook fig. 4), is van een aluminiumlegering gemaakt; de holle spiegel wordt met vier stalen stangen, zonder verdere steunpunten, door de vattingsring van de correctieplaat gedragen. *Fig. 11* laat deze constructie zien.

Een axiale verschuiving van 0,02 mm van de film beantwoordt aan een verschuiving van $r^2 \cdot 0{,}02 \approx 2$ mm van het fluorescerende scherm. De afstand van het spiegelsysteem tot het scherm is dus veel minder critisch en er zijn geen maatregelen nodig om de warmte-uitzetting van de koker, die de camera op de juiste afstand van het scherm houdt (fig. 3), te compenseren. Om deze afstand de vereiste waarde te geven, rekening houdend met de kleine verschillen die tussen verschillende exemplaren van de camera zullen optreden wat betreft de plaats van de filmhouder, wordt de lengte van elke camera met enkele tussenlegringen aangepast bij de vaste lengte van de koker. Dit geschiedt op

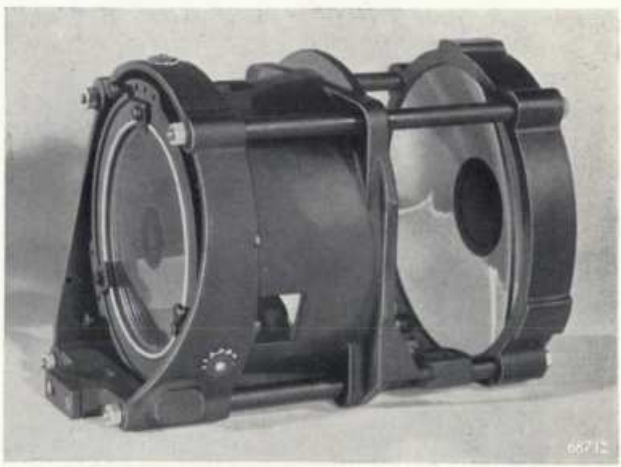


Fig. 11. De sferische spiegel (rechts) is met vier stalen stangen aan de vattingsring van de correctieplaat (links) bevestigd.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

een soort optische bank, waarbij de stralengang omgekeerd wordt ten opzichte van die bij het gebruik: een op zijn plaats gebrachte filmstrook, waarop een patroon is aangebracht, wordt sterk verlicht, de optiek ontwerpt een 10,5 maal vergroot beeld van het patroon op een scherm, dat zolang verplaatst wordt totdat het beeld scherp is. Het benodigde aantal tussenlegringen, bij een gegeven kokerlengte, kan dan uit de plaats van het scherm worden afgeleid. Tevens kan aan de hand van eventuele afwijkingen van het ontworpen beeld het spiegelsysteem nog worden gejusteerd, waarvoor een aantal stelschroeven in de vatting van de correctieplaat zijn aangebracht.

Wij willen hier nog opmerken dat men bij eenzelfde afstand van scherm tot camera zowel met een groen als een blauw fluorescerend scherm kan werken. Bij gebruik van een lenscamera is dit niet mogelijk, aangezien daar, zoals reeds werd vermeld, een loodglazen plaat tussen scherm en camera moet worden aangebracht, hetgeen wegens het verschil in brekingsindex voor de twee kleuren een verschil in optische weglengte medebrengt.

Een mechanisch interessant detail van de spiegelcamera is de inrichting voor het boldrukken van de film. De constructie van de boldruk- en transportinrichting, die ter beperking van de schaduwfactor zo klein mogelijk moest worden gehouden, is in fig. 10 te zien. De filmhouder is uitgevoerd als een scharnierende arm, die de bolle drukplaat en de geleidingsrollen voor de film draagt. De arm wordt in zijn geheel, door een rol die in een schuine gleuf glijdt, van het vaststaande filmraam af of er naar toe gedraaid. De terug- en weer heengaande beweging van de rol, die aldus de film vóór het transporteren losmaakt en daarna opnieuw boldrukt, wordt via een nokkenschijf door het motortje bewerkstelligd dat ook de transportwieltjes en de opspoelrol aandrijft.

Teneinde de breedte van de filmstrook zo volledig mogelijk te kunnen gebruiken, wordt met ongeperforeerde film gewerkt, waaraan echter het nadeel verbonden is dat slippen tijdens het transport niet uitgesloten is. Om te voorkomen dat hierdoor twee opnamen geheel of gedeeltelijk over elkaar vallen, is een contrôle-mechanisme aangebracht, dat even een contact sluit nadat de film over 50 mm is getransporteerd. Eerst daarna kan een opname worden gemaakt. Is het contact aan het eind van de transporteerbeweging niet even gesloten geweest, dan is het relais dat de röntgenbuis inschakelt, geblokkeerd, en men wordt door een oplichtend signaallampje gewaarschuwd. Men kan dan door een druk op een knop de transportinrichting nog eens laten werken.

Telkens na 30 opnamen ponst het apparaat een merkteken in de rand van de filmstrook. Hierdoor kan men in de donkere kamer gemakkelijk bepaalde gedeelten van de filmstrook identificeren en desgewenst afzonderlijk ontwikkelen.

Resultaten

Wij hebben hierboven gezien dat het novum van de spiegeloptieken volgens Schmidt daarin bestaat, dat de afbeeldingsfouten van een sferische spiegel vrijwel geheel kunnen worden opgeheven binnen een relatief groot gezichtsveld. Voor het beoordelen van het prestatievermogen van een spiegelcamera is het dan ook zaak niet alleen kennis te nemen van de lichtsterkte (zie hierboven), doch ook na te gaan in hoeverre het beeld inderdaad tot aan de randen

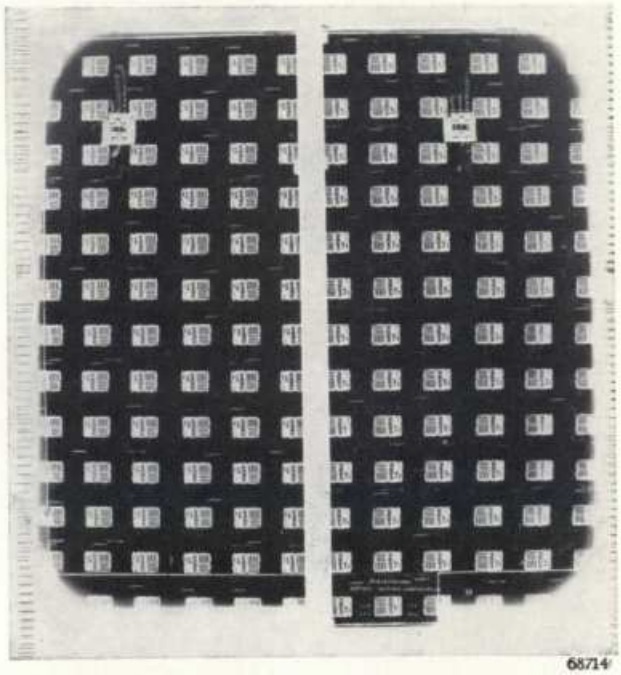


Fig. 12. Testplaat waarmee elke camera wordt gekeurd wat betreft het oplossend vermogen. Op de plaat zijn langs fotografische weg een groot aantal testbeeldjes aangebracht, die ieder zes lijnengroepen van verschillende fijnheid bevatten; zie fig. 13.

vrij is van afbeeldingsfouten. Hiertoe maken wij met elk exemplaar van de spiegelcamera een reeks opnamen van een testplaat, die op de plaats van het fluorescentiescherm wordt gezet en die een groot aantal gelijke, over het gehele oppervlak verdeelde, testbeeldjes bevat (*fig. 12*). Elk testbeeldje bestaat uit 6 lijnengroepen, met respectievelijk 6, 12, 18, 24, 30 en 36 lijnen per cm (*fig. 13*). Op de foto wordt voor elk der testbeeldjes met behulp van een loupe nagegaan, welke lijnengroep er van nog juist „opgelost" is, en de resultaten worden in een keuringsformulier verzameld. Eventueel kan naar aanleiding van de uitkomsten de justering van de

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

camera nog worden verbeterd. Een keuringsresultaat, dat als representatief voor de 45 mm-spiegelcamera kan worden beschouwd, is in *fig. 14a* weergegeven. Fig. 14*b* toont een op dezelfde wijze

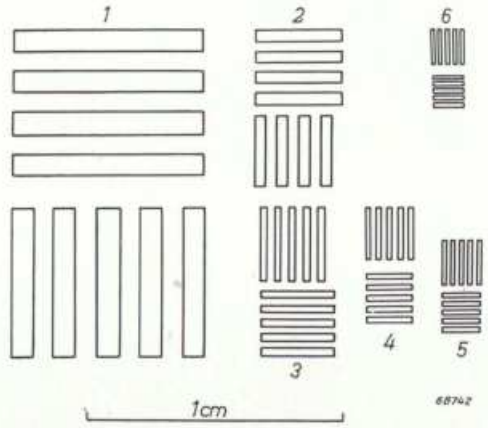


Fig. 13. Elk testbeeldje bevat zes lijnengroepen, met een aantal deels verticale deels horizontale lijnen, en wel met een dichtheid van respectievelijk 6, 12, 18, 24, 30 en 36 lijnen per cm.

verkregen, representatief keuringsresultaat voor een lenscamera. Men ziet dat beide camera's in het centrum van het gezichtsveld alle lijnengroepen volledig oplossen, maar dat naar de randen toe de spiegelcamera het over het algemeen in oplossend vermogen wint; met name is zij nagenoeg vrij van astigmatisme, dat bij de lenscamera in nogal sterke mate optreedt.

Uit de in fig. 12 gereproduceerde foto van de testplaat ziet men dat het beeld, nadat de bolgedrukte film in het vlak is teruggekeerd, nagenoeg geen tonvormige vertekening heeft.

Bij de aflevering gaat elke camera vergezeld van een ermee gemaakte foto van de testplaat, opgenomen op een voor röntgen-camera-fotografie gebruikelijke filmsoort. De gebruiker kan aan de hand van deze foto ten allen tijde de justering van zijn camera controleren, door een aantal eveneens meegeleverde losse testbeeldjes voor het fluorescerende scherm aan te brengen en deze, met het fluorescerende scherm zelf als (diffuse) lichtbron, te fotograferen.

Tot slot reproduceren wij in *fig. 15*, in drievoudige vergroting, een longfoto die met de beschreven spiegelcamera werd opgenomen. De beeldkwaliteit, waarvan de reproductie in autotypie natuurlijk geen geheel juiste indruk kan geven, staat vrijwel niet achter bij die van een contactfoto.

Men kan dan ook zeggen dat men dank zij de spiegelcamera thans de mogelijkheid heeft, de

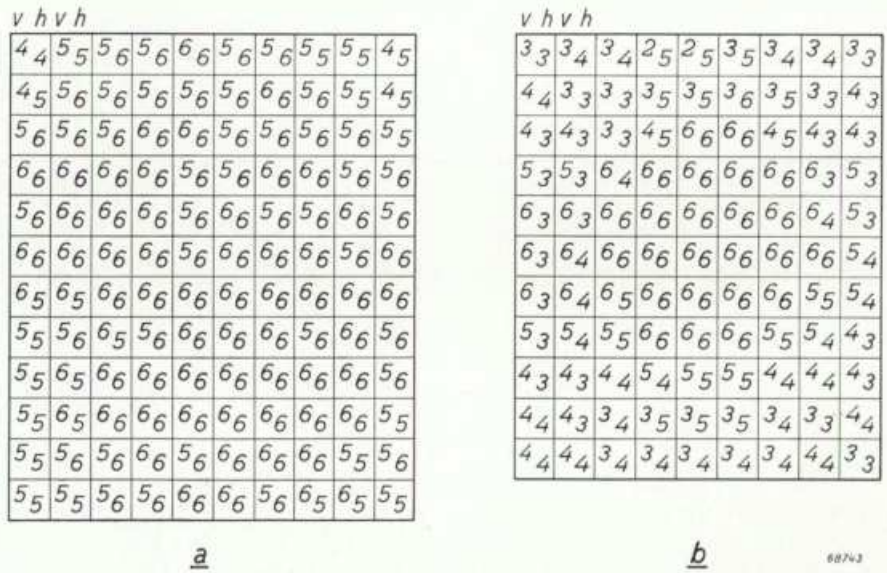
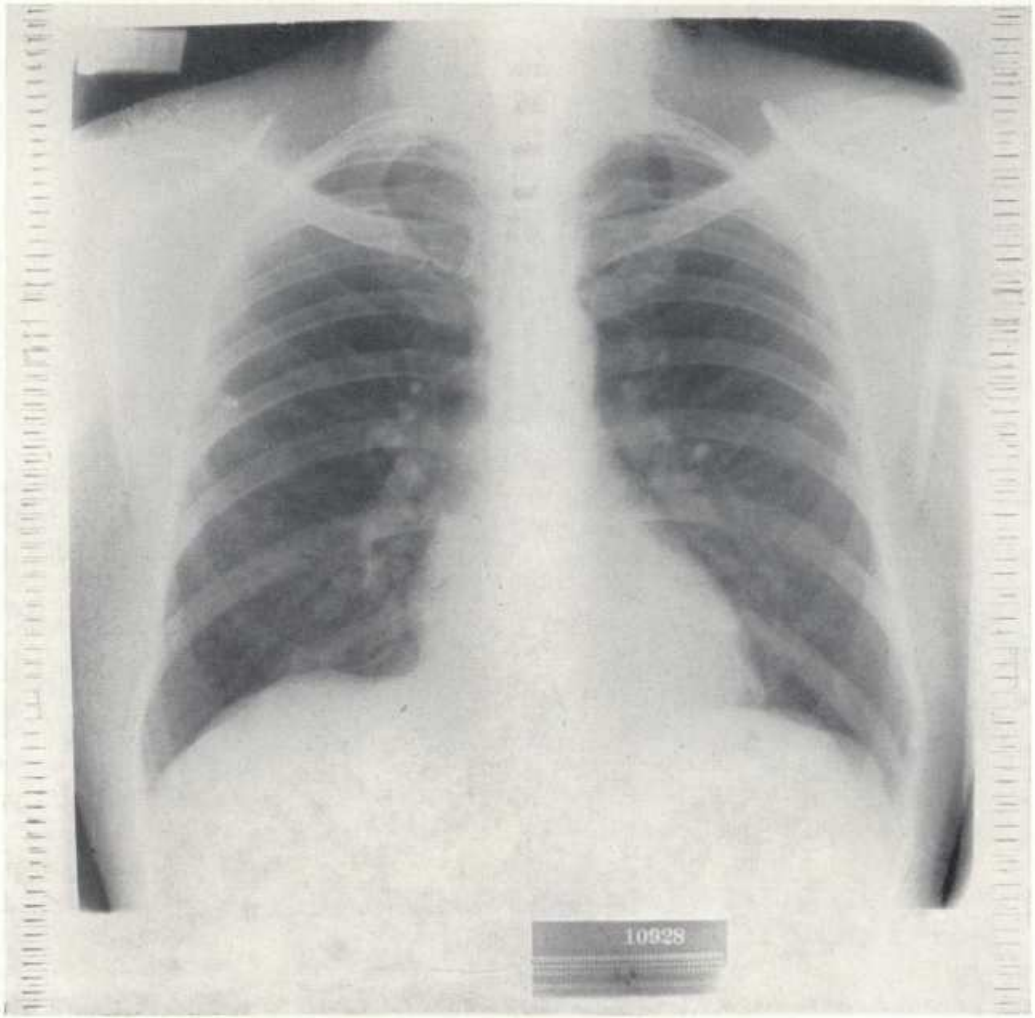


Fig. 14. Resultaten van de keuring *a*) van een representatief exemplaar van de 45 mm-spiegelcamera, *b*) dito van een lenscamera. Op de plaats van elk testbeeldje in de gefotografeerde testplaat is aangegeven het rangnummer van de lijnengroep (verticaal en horizontaal naast elkaar in elk hokje) die bij waarneming met een sterke loupe nog juist opgelost bleek te zijn. Natuurlijk is voor deze keuring zeer fijnkorrelige film gebruikt. In het midden van het beeld hebben beide camera's een zo groot oplossend vermogen dat ook de fijnste lijnengroep „6" (d.i. 36 lijnen per mm op de film) opgelost wordt. Naar de randen toe daalt het oplossend vermogen bij de spiegelcamera aanzienlijk minder sterk dan bij de lenscamera. De spiegelcamera vertoont ook vrijwel geen astigmatisme: de rangnummers voor verticaal en horizontaal oplossend vermogen verschillen in geen enkel hokje meer dan één eenheid. Bij de lenscamera is het astigmatisme op sommige plaatsen van het gezichtsveld tamelijk sterk (tot 3 eenheden verschil tussen verticaal en horizontaal rangnummer).

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023



68713

Fig. 15. Reproductie van een longfoto, gemaakt met de 45 mm-spiegelcamera op Gevaert Scopix G-film en vervolgens 3× vergroot. (De autotypie kan geen geheel juiste indruk van de beeldkwaliteit geven.)

röntgen-camera-fotografie ook buiten het massa-longonderzoek met vrucht toe te passen, als vervanging van de contact-fotografie voor normale röntgenologische doeleinden. In het budget bijv. van grote ziekenhuizen zal de aldus te bereiken besparing aan filmkosten een belangrijke rol kunnen spelen.

Samenvatting. Bij de röntgen-camera-fotografie wordt het röntgenschaduwbeeld, dat op een fluorescentiescherm ontstaat, verkleind gefotografeerd met behulp van een camera. Voor deze methode, die alom aanvaard is voor het massa-longonderzoek, is een zeer grote lichtsterkte van de camera gewenst, terwille van een goede beeldkwaliteit en/of een eenvoudige röntgenapparatuur. Door Philips is voor dit doel een camera geconstrueerd met een spiegeloptiek volgens Schmidt. De verkregen beelden zijn 40 × 40 mm groot (reductiefactor 10,5) en worden op ongeperforeerde 45 mm-film opgenomen. Het artikel geeft een beknopte beschrijving van de spiegelcamera. Het filmtransport is volledig geautomatiseerd, zoals trouwens de gehele bediening van de installatie voor massa-longfotografie. Enkele typische details van de spiegelcamera worden nader behandeld, bijv. de inrichting voor het boldrukken van de film (bij de Schmidt-optiek is het beeldvlak concentrisch met de holle spiegel), de justering van de camera enz. Wat langer wordt stilgestaan bij de keuze van het beeldformaat en vooral bij de bereikte lichtsterkte. Bij zulke kleine reductiefactoren als in dit geval dient als maat voor de lichtsterkte te worden gebruikt de „apertuurverhouding" 1 : *N* („aperture ratio"). In dit getal kan men tevens de schaduwfactor verrekenen, die bij spiegelsystemen onvermijdelijk is; men kan dan spreken van de „effectieve apertuurverhouding". Voor de 45 mm-spiegelcamera, met reductiefactor 10,5, is de effectieve apertuurverhouding 1 : 1,17, terwijl een vroeger voor hetzelfde doel gebruikte camera met lensoptiek een apertuurverhouding 1 : 1,9 had (bij een reductiefactor 6). Het resultaat is, dat thans longfoto's met belichtingstijden van 0,04 à 0,20 sec kunnen worden gemaakt, terwijl met de lenscamera 0,1 à 0,5 sec nodig waren. Het oplossend vermogen van de spiegelcamera blijkt voor het gehele gezichtsveld (ca 25°) zeer groot te zijn; in het midden bedraagt het meer dan 36 lijnen per cm op het scherm, aan de randen is het iets minder, maar nog aanmerkelijk beter dan dat van de lenscamera. Dank zij de zeer goede beeldkwaliteit die men met de spiegelcamera verkrijgt, bestaat thans de mogelijkheid ook in de normale röntgenologie de dure contactfoto's op ware grootte in vele gevallen te vervangen door verkleinde camera-opnamen.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

VLIEGWIELSYNCHRONISATIE VAN ZAAGTANDGENERATOREN IN TELEVISIE-ONTVANGERS

door P. A. NEETESON. 621.397.335:621.396.615.17:621.397.62

Een televisie-ontvanger bevat, vergeleken met een gewoon radiotoestel, een hele reeks nieuwe onderdelen en schakelingen, nodig voor het verrichten van even zovele nieuwe functies. Een bijzonder interessant aspect bieden de in iedere televisie-ontvanger aanwezige zaagtandgeneratoren, die de electronenbundel van de kathodestraalbuis zo dirigeren dat de lichtstip op het scherm netjes de opeenvolgende evenwijdige regels van het beeld schrijft. De door de zender mee uitgezonden synchronisatiesignalen zorgen er dan voor, dat dit schrijven synchroon gebeurt met de aftasting in de opneembuis aan de zendzijde. Het is daarbij van het allergrootste belang, dat dit synchroon lopen niet door storingen in de war wordt gestuurd; met het oog hierop zijn in de laatste tijd nieuwe schakelingen ontwikkeld.

Om de electronenbundel in de kathodestraalbuis van een televisie-ontvanger in horizontale en verticale richting af te buigen en zo het beeldraster te schrijven, zijn twee generatoren aanwezig, die de zaagtandvormige spanningen of stromen opwekken welke de afbuiging bewerkstelligen [1]). In de laatste jaren zijn nieuwe typen zaagtandgeneratoren naar voren gekomen, die vaak worden aangeduid met de verzamelnaam „vliegwieltijdbases". Deze letterlijke vertaling van de in Engels sprekende landen gebezigde naam „flywheel time bases" willen we echter liever laten varen, aangezien volgens voorgestelde taalnormalisaties op het gebied van radar en televisie de uitdrukking „tijdbasis" niet meer wordt gebruikt voor het aanduiden van de schakeling die de zaagtandvormige spanning of stroom [2]) voor de deflectie levert, maar wordt gereserveerd voor de aanduiding van het tijdschema volgens hetwelk de deflectie verloopt. Het woord „vliegwiel" willen we echter zeker aanhouden, omdat het een uitstekende karakteristiek geeft van het nieuwe principe, volgens hetwelk deze zaagtandgeneratoren gesynchroniseerd worden met de synchronisatiesignalen, die de zender samen met de beeldsignalen uitzendt.

Wat is namelijk de bedoeling van het klassieke vliegwiel in mechanische constructies? Deze is het regelmatiger maken van het toerental van de as waarop het vliegwiel is gemonteerd, of, anders uitgedrukt, het verminderen van de invloed van fluctuaties in het aandrijvende koppel dat op de as werkt, op de gang van de machine waarvan de as een onderdeel uitmaakt. De massatraagheid van het vliegwiel zorgt voor een afvlakken of een uitsmeren van de storingen van korte duur. Zou de waarde van het aandrijvende koppel op een gegeven ogenblik permanent op een ander niveau komen te liggen, dan wijzigt het toerental zich, met een vertraging die afhankelijk is van het traagheidsmoment van het vliegwiel, tot een nieuwe eindwaarde. Bij vliegwielsynchronisatie van zaagtandgeneratoren bereikt men met bepaalde, straks uitvoerig te bespreken, electrische middelen een dergelijke vermindering of afvlakking van de invloed van storingen, die de synchronisatiesignalen vergezellen, op de frequentie van de zaagtandgenerator.

Zulke ongewenste storingen kunnen door verschillende plaatselijke storingsbronnen worden opgewekt, bijv. door motoren met electrische ontsteking (auto's), collectormotoren (stofzuigers), diathermietoestellen, enz. Ten opzichte van deze storingen kan men een meer of minder gelukkige situatie van zijn ontvangantenne hebben getroffen. Woont men bijv. aan een drukke verkeersweg, dan zal men veel last van autostoringen kunnen hebben. Maar nog ernstiger wordt de situatie, wanneer men woont in een gebied zo ver van de zender gelegen, dat het signaal begint te „verdrinken" in het ruisen. Deze storing is van permanente aard en kan de ontvangst van een enigszins acceptabel beeld volkomen onmogelijk maken, voornamelijk doordat de synchronisatie volledig in de war wordt gebracht door de voortdurende ruisstoringen, zodat een onsamenhangend chaotisch beeld te voorschijn komt. De vliegwiel-zaagtandgenerator kan hierin een frappante verbetering brengen, door weer een samenhangend geheel van het beeld te maken. Men neemt dan weliswaar, als een sneeuwbui over het gehele beeld, nog de invloed van het ruisen op het videosignaal waar in de vorm van een warreling van lichte en donkere vlekjes. Maar de

[1]) Zie bijv. Philips techn. T. **1**, 20, 1936; **2**, 37, 1937; **4**, 363, 1939; **10**, 308 en 364, 1948.

[2]) Kortheidshalve zullen we verder alleen over zaagtandspanningen spreken, waarmede dan dikwijls even goed zaagtandstromen zijn bedoeld.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

overgang van een volkomen ongenietbaar tot een nog enigszins, als boven beschreven, gestoord doch samenhangend beeld zal toch iedereen als een grote verbetering accepteren. Hiermede is het voornaamste doel en effect van de vliegwielsynchronisatie aangegeven.

De invloed van de storingen op het synchroniseren van een zaagtandgenerator

Het overgrote deel der in de televisietechniek gebruikelijke zaagtandgeneratoren berust in zijn werking op een zeer eenvoudig principe. Men laadt een condensator over een weerstand tot een hoge spanning. Tijdens dit laden stijgt de spanning over de condensator exponentieel met de tijd, en nadert asymptotisch de waarde van de aangelegde spanning. Voordat echter de condensatorspanning enigszins in de buurt van deze waarde komt, wordt door een of ander schakelmechanisme, kortheidshalve in het vervolg de „schakelaar" genoemd, de condensator in zo kort mogelijke tijd ontladen. De eis hiertoe aan de schakelaar te stellen is, dat zijn inwendige weerstand zo klein mogelijk is. Nadat de condensator zo volledig mogelijk is ontladen, wordt de schakelaar weer geopend en begint het laadproces opnieuw. Er zijn dus twee duidelijk onderscheiden fazen in de werking van een zaagtandgenerator. De eerste faze, het geleidelijk oplopen van de condensatorspanning, noemen we de heenslag, de tweede faze, het snel ontladen van de condensator, de terugslag. Op bijzonderheden in de schakeling van zaagtandgeneratoren, zoals maatregelen die kunnen worden genomen om de heenslag zo lineair mogelijk met de tijd te doen verlopen of om in de terugslag parasitaire oscillaties te vermijden, willen wij hier niet ingaan [3]). Voor het ogenblik interesseert ons alleen het synchroniseren van de zaagtandgenerator en de verschillende wijzen waarop men dit kan bewerkstelligen.

De synchronisatiesignalen worden door de zender uitgezonden in de vorm van impulsen. In *fig. 1* is schematisch de gedaante van het videosignaal, zoals dat thans in verscheidene landen gebruikelijk is of zal worden, weergegeven. In het onderschrift is de vorm van het signaal toegelicht.

Telkens na het aftasten van een regel wordt er dus in de zender een synchronisatie-impuls opgewekt en uitgezonden. Hetzelfde geldt wanneer een raster van boven tot beneden is afgetast, al zijn de beeldsynchronisatiesignalen gecompliceerder van aard, zoals in fig. 1 nader is aangegeven. In de ontvanger worden de lijn- en de beeldsynchronisatiesignalen gescheiden van de beeldsignalen en van elkander.

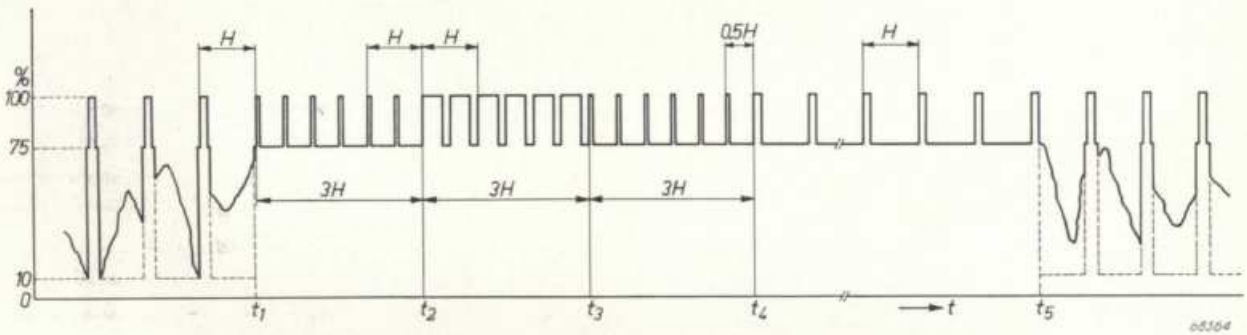


Fig. 1. Vorm van het videosignaal als functie van de tijd t, volgens het voorstel van een internationale studiecommissie van het Comité Consultatif International des Radiocommunications [4]). Links van het tijdstip t_1 en rechts van het tijdstip t_5 ziet men het beeldsignaal van enige lijnen, afgewisseld door een lijnsynchronisatie-impuls. De modulatie is negatief: 75% van de maximale draaggolfamplitude komt overeen met het zwartniveau, 10% met het niveau van de grootste helderheid in het beeld. Tijdens de synchronisatie-impulsen heeft de draaggolf de volle sterkte. De periode H bedraagt $1/(25\times625) = 1/15\,625$ seconde.

Het interval t_1-t_5, waarvan de duur moet liggen tussen 6 en 10% van $1/50$ seconde, treedt alleen op bij de overgang van het raster der oneven lijnen op dat der even lijnen en omgekeerd, dus 50 maal per seconde. Tussen t_2 en t_3 vallen de eigenlijke beeldsynchronisatie-impulsen. De impulsen tussen t_1 en t_2 en die tussen t_3 en t_4 zijn de zg. egalisatie-impulsen; deze heffen het verschil op dat zonder hun aanwezigheid zou ontstaan als gevolg van het feit dat het tijdstip t_1 afwisselend valt aan het einde van de laatste voorafgaande lijn (zoals hier is afgebeeld) en midden in deze lijn.

De horizontale afmetingen zijn niet op schaal getekend (impulsen te breed in verhouding tot H).

---

[3]) Hiervoor zij verwezen naar Philips techn. T. **10**, 309, 1948.

[4]) Sub-group Gerber, Standards for the international 625-line black and white television system, C.C.I.R., Genève, 10 October 1950. In deze commissie hadden afgevaardigden van België, Denemarken, Italië, Nederland, Zweden en Zwitserland zitting.
Voor de enigzins andere vorm van het videosignaal volgens de Engelse en de (toenmalige) Franse norm, zie Philips techn. T. **10**, 365 (fig. 1), 1948.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

De aldus verkregen lijnsynchronisatiesignalen (eenvoudigheidshalve willen we voorlopig alleen deze in het oog vatten en de beeldsynchronisatiesignalen buiten beschouwing laten) moeten er nu voor zorgen dat de boven vermelde schakelaar in de lijnzaagtandgenerator op het juiste ogenblik wordt gesloten. Hiervoor zijn verschillende mogelijkheden aan te geven.

Een eerste mogelijkheid is het gebruik van een „schakelaar" die bij afwezigheid van synchronisatiesignalen steeds geopend is, en die rechtstreeks reageert op een synchronisatie-impuls, door zolang als de impuls duurt gesloten te blijven. Om de gedachten te bepalen noemen we een mogelijke uitvoeringsvorm. De schakelaar kan bijv. bestaan uit een triode die zodanig is ingesteld dat er juist geen anodestroom vloeit. Zodra echter een positieve spanningsimpuls op het stuurrooster van de triode wordt gezet, zal de buis geleidend worden en daardoor de condensator van de zaagtandgenerator gaan ontladen. Twee bezwaren die aan dit type schakelaar kleven, zijn direct evident. Het eerste bezwaar is, dat bij wegvallen van de synchronisatie-impulsen, door welke oorzaak dan ook, er geen zaagtandspanning meer wordt opgewekt en dus de electronenbundel niet meer over het scherm van de kathodestraalbuis zwiept, maar voortdurend een zelfde punt van het scherm treft, met grote kans op ernstige beschadiging van het fluorescerende materiaal ter plaatse. Een tweede bezwaar van deze synchronisatiemethode is de grote gevoeligheid voor storingen. Immers, elke storende impuls van voldoende amplitude zal even goed als een synchronisatie-impuls in staat zijn deze schakelaar te sluiten, dwz. de buis geleidend te maken en dus de condensator te ontladen.

Bij een tweede mogelijkheid van synchroniseren, die we nu zullen bespreken, is het eerste van de bovengenoemde bezwaren opgeheven en het tweede bezwaar (de grote gevoeligheid voor storingen) aanzienlijk verminderd. Wij bedoelen het gebruik van een zelfblokkerende zaagtandgenerator, welke men ook zelfschakelend zou kunnen noemen. Zonder aanwezigheid van synchronisatiesignalen levert zulk een schakeling uit zich zelf een periodieke zaagtandvormige spanning, waarvan de frequentie in hoofdzaak wordt bepaald door, en dus ook is in te stellen door, variatie van een tijdconstante, een RC-product. Als voorbeeld van zulk een zelfblokkerende zaagtandgenerator noemen we de schakeling met een zeer sterk teruggekoppelde triode (vaak aangeduid met de naam blokkeeroscillator, in het Engels „blocking oscillator"), die in *fig. 2* schematisch is weergegeven [5]). Wanneer in deze schakeling een oscillatie inzet, gaat dit gepaard met een grote roosterstroomstoot. Deze wordt geleverd door de condensator C_1, welke dientengevolge een spanning aanneemt met een polariteit die de stuurroosterspanning negatief maakt ten opzichte van de kathode. De roosterstroom zowel als de anodestroom beperkt zich tot een korte impuls. Als gevolg van de stroom die de spanningsbron V_0 over de weerstand R_1 aan de condensator

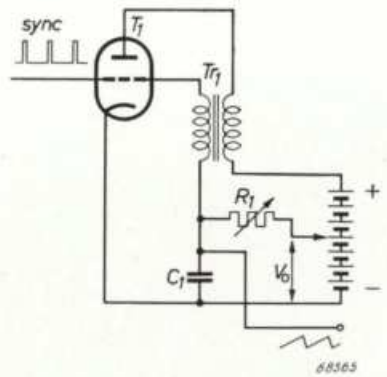


Fig. 2. Blokkeeroscillator voor het opwekken van een zaagtandvormige spanning. T_1 triode, die door de vaste koppeling tussen de spoelen van de transformator Tr_1 tot overoscilleren is gebracht. De spanning over de condensator C_1 heeft een zaagtandvorm. De frequentie van de vrijlopende oscillator kan worden geregeld door variëren van de weerstand R_1 of van de gelijkspanning V_0. Ter synchronisering worden aan het rooster van T_1 impulsen (*sync*) toegevoerd.

doet toevloeien, verandert de condensatorspanning nu geleidelijk in tegengestelde zin. Hierdoor wordt de roosterspanning minder negatief en wel verloopt deze weer volgens een exponentiële functie van de tijd, met een tijdconstante R_1C_1. Zodra de roosterspanning het afknijppunt van de triode passeert, gaat er weer een anodestroom lopen, waarna als gevolg van de sterke terugkoppeling tussen de anode- en de roosterkring, de anodestroom en de roosterstroom zeer snel toenemen. De roosterstroom laadt de condensator C_1 opnieuw en de buis blokkeert zich zelf, waarmee een volledige cyclus van het proces is volbracht. In *fig. 3* zijn het verloop van de anodestroom i_a en dat van de roosterspanning v_g in beeld gebracht.

De synchronisatie van de frequentie van deze zelfblokkerende zaagtandgenerator geschiedt nu, bij voorbeeld, door de synchronisatiesignalen op het rooster van de triode te zetten (zie fig. 2). De amplitude van deze signalen en tevens die van eventuele storingen worden door de een of andere begrenzende schakeling vastgelegd op een waarde a. In fig. 3 is op de hoogte a boven het exponentiële deel van de v_g-kromme een stippellijn getekend. Het tijdstip waarop de stippellijn de afknijpspanning V_c van de triode passeert, noemen we t_2,

[5]) Vgl. ook Philips techn. T. **10**, 317, 1948.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

en het tijdstip waarop de v_g-kromme dat doet noemen we t_3. Uit het verloop van de stippellijn kunnen we zien dat alleen tussen de tijdstippen t_2 en t_3 een impuls met amplitude a vervroegde terugslag van de zaagtand zal veroorzaken. Het is duidelijk dat synchronisatie mogelijk zal zijn als de periode van de synchronisatiesignalen ligt tussen t_3—t_1 (de periode van de vrijlopende zaagtandgenerator, zie fig. 3) en t_2—t_1. Hier constateren we dus het bekende feit, dat voor een goede synchronisatie de frequentie van de vrijlopende zaagtandgenerator zodanig moet worden ingesteld dat ze iets lager ligt dan de frequentie van de synchronisatiesignalen. Maar tevens blijkt uit fig. 3 de verminderde invloed van storende signalen; immers gedurende de tijd van t_1 tot t_2 zijn ook de eventuele storende (eveneens tot de amplitude a begrensde) impulsen niet in staat een terugslag van de zaagtand in te leiden; dit is alleen mogelijk tijdens het traject van t_2 tot t_3.

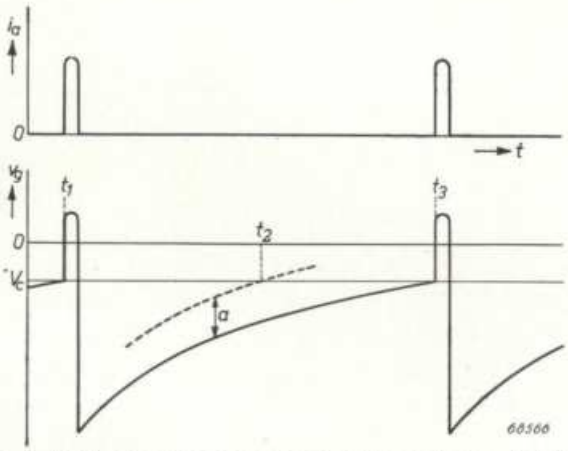


Fig. 3. Anodestroom i_a en roosterspanning v_g in de schakeling van fig. 2, als functie van de tijd t. De roosterspanning waarbeneden de triode is afgeknepen is V_c. Een begrenzer beperkt de synchronisatie-impulsen en de storingen tot de amplitude a.

De beide besproken systemen van synchroniseren hebben dit gemeen, dat elke individuele synchronisatie-impuls steeds het moment van de terugslag bepaalt (afgezien natuurlijk van die gevallen waarin storende impulsen de terugslag veroorzaken). De zaagtandgenerator krijgt dus nooit de kans zijn eigen frequentie „uit te leven". Het is hierin dat het grote verschil is gelegen met de derde wijze van synchroniseren, de vliegwielsynchronisatie; bij deze laat men juist de zaagtandgenerator steeds in zijn eigen frequentie lopen en beperkt de invloed van de synchronisatie-impulsen zich tot het bijregelen van deze frequentie, zodra de zaagtandfrequentie gaat afwijken van de synchronisatiefrequentie. Hoe dit gerealiseerd wordt zullen we in de volgende paragrafen nader uiteenzetten.

Het principe van vliegwielsynchronisatie

Er bestaat een overgangsvorm tussen de direct gesynchroniseerde zaagtandgenerator, waarbij iedere individuele synchronisatie-impuls het moment van terugslag bepaalt, en de uitvoeringsvorm waarbij de eigen frequentie van de zaagtandgenerator op de juiste waarde wordt gehouden door vergelijken van deze frequentie met die van de synchronisatiesignalen. Wij bedoelen de mogelijkheid om nog wel de terugslag van de zaagtand te laten inleiden door directe impulswerking, maar waarbij dan deze impulsen niet meer de ontvangen synchronisatie-impulsen zelf zijn doch uit deze zijn afgeleid door ze eerst een „vliegwiel" te laten passeren, waardoor een zekere traagheid wordt geïntroduceerd. Als electrische vliegwielketen kan een resonantiekring fungeren. Laat men op zulk een resonantiekring een regelmatige reeks van impulsen werken, die elkaar opvolgen met een frequentie die gelijk is aan de eigen frequentie van de kring, dan zal de eerste impuls slechts een geringe slingering in de kring tot gevolg hebben; de telkens nauwkeurig op het juiste moment komende volgende impulsen zullen echter de kring steeds meer doen opslingeren totdat de amplitude van de oscillaties een bepaalde eindwaarde zal naderen. De tijdsduur τ die moet verstrijken vóór de stationnaire eindtoestand nagenoeg is bereikt [6]), is een maat voor de traagheid van de kring. Deze tijdconstante is bepaald door de kringkwaliteit Q en de periode T van de eigen trillingen van de kring, en wel is

$$\tau = QT/\pi .$$

Het aantal impulsen dat in de tijd τ optreedt is τ/T, dus gelijk aan Q/π. Men kan dus zeggen dat, als gevolg van de traagheid van de kring, deze pas goed de invloed van de elkaar regelmatig opvolgende impulsen ervaart, wanneer er een reeks van Q/π impulsen op de kring heeft ingewerkt; en hetzelfde geldt indien men bijv. de hoogte van de impulsen plotseling zou vergroten. Werkt op de kring alleen de regelmatige reeks synchronisatie-impulsen, dan treden in de kring dus sinusvormige trillingen op met nauwkeurig dezelfde frequentie als de synchronisatiesignalen. Uit deze sinusvormige trillingen kan men gemakkelijk weer impulsen maken, bijv. door alleen het positieve topje van elke sinus door te laten; men heeft dan dus een nieuwe impulsenreeks verkregen met dezelfde frequentie als de synchronisatie-impulsen. Deze nieuwe impulsenreeks gebruikt men nu op de boven beschreven

[6]) Onder „nagenoeg bereikte eindtoestand" kan men bijv. verstaan een waarde die $1 - 1/e \approx 63\%$ van de asymptotisch benaderde eindwaarde bedraagt.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

wijze om de zaagtandgenerator te synchroniseren.

Zijn er nu, behalve de synchronisatiesignalen, ook nog storende impulsen aanwezig, dan zullen deze alleen dan een merkbare invloed op de oscillaties in de kring kunnen hebben, wanneer ze in de eerste plaats een onderlinge tijdsafstand hebben van ongeveer de eigen periode van de kring, maar bovendien nog optreden als een reeks van opeenvolgende impulsen ten getale van ongeveer Q/π. Het optreden van een dergelijke storing is des te onwaarschijnlijker naarmate Q groter is. Verschillende omstandigheden echter stellen aan het vergroten van Q een grens. Wordt bijv., zoals dikwijls het geval is, in de zender de frequentie van de synchronisatiesignalen afgeleid uit de netfrequentie, en vertoont deze laatste kleine schommelingen, dan varieert de frequentie van de synchronisatiesignalen mee. In een kring met een zeer hoge waarde van Q veroorzaken dergelijke kleine frequentieschommelingen al gauw ontoelaatbare grote fazevariaties [7]).

Wij zijn opzettelijk enigszins uitvoerig ingegaan op deze vorm van synchronisatie, die het midden houdt tussen de directe impulssynchronisatie en de aanstonds te bespreken, meer gebruikelijke, vliegwielsynchronisatie met automatische fazeregeling, omdat in het besproken geval het „vliegwiel" — in casu de resonantiekring — zo duidelijk aanwijsbaar is.

Vliegwielsynchronisatie met automatische fazeregeling

Alvorens te bespreken hoe een automatische fazeregeling kan dienen voor het synchroniseren van de zaagtandspanning met de ontvangen synchronisatie-impulsen, willen we even het geval beschouwen van twee sinusvormige spanningen die door middel van automatische fazeregeling met elkaar worden gesynchroniseerd. De ene spanning zij die van een oscillator O_s met een gegeven vaste frequentie f_s, bijv. een oscillator met kwartskristal. Om de tweede oscillator O_1 met O_s te synchroniseren worden beider spanningen toegevoerd aan een fazediscriminator PD (*fig. 4*), die een signaal s_d levert. Dit wordt door een inrichting F omgezet in een gelijkspanning, die een maat is voor het fazeverschil van de twee wisselspanningen. De gelijkspanning dient als regelspanning, dwz. ze wordt teruggevoerd naar de oscillator O_1, waarin ze invloed uitoefent op de frequentie f_1 van O_1.

Stellen we ons voor dat de synchronisatie van O_1 en O_s inderdaad aanwezig is, dus dat $f_1 = f_s$. Het fazeverschil heeft dan een zekere constante waarde, en de regelspanning eveneens. Gaat nu bijv. door temperatuurvariatie de oscillatorkring van O_1 wat verlopen, dan zal het fazeverschil niet zijn constante waarde behouden, maar bijv. gaan toenemen. De fazediscriminator bewerkstelligt dan dat de regelspanning in grootte verandert. Dit heeft tot gevolg dat de frequentie-afwijking $|f_1 - f_s|$ kleiner wordt, ja zelfs precies nul wordt. Immers, indien ook maar de geringste frequentie-afwijking

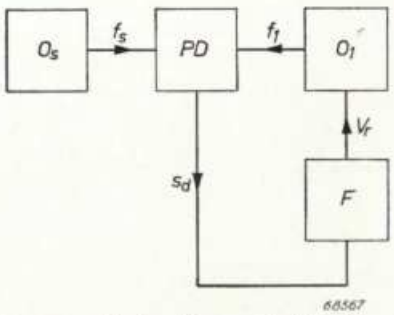


Fig. 4. O_1 is een oscillator (frequentie f_1), die moet worden gesynchroniseerd met de standaardoscillator O_s (met vaste frequentie f_s). PD is een fazediscriminator met uitgangsignaal s_d, waaruit de inrichting F een gelijkspanning V_f afleidt, die regelend werkt op de frequentie van O_1.

overbleef, zou het fazeverschil steeds blijven toenemen en de regelspanning blijven veranderen. Dat de afwijking tot nul wordt teruggebracht, is te danken aan het feit dat de discriminator reageert op het fazeverschil, dat de tijdsintegraal van de frequentie-afwijking is. Vandaar dat men in de regeltechniek bij regelaars van dit type spreekt van regelaars met integrerende werking [8]).

Richten we nu onze aandacht op de synchronisatie door automatische fazeregeling in een televisie-ontvanger. Het analogon van de oscillator O_s met de gegeven vaste frequentie wordt hier gevormd door de reeks van synchronisatie-impulsen met vaste herhalingsfrequentie. De te synchroniseren oscillator O_1 heeft tot analogon de zaagtandgenerator; aan de fazediscriminator voeren we echter niet altijd de zaagtandspanning zelf toe, maar we zetten deze soms eerst om in impulsen (bijv. door middel van een differentiërend netwerk), of wel we maken gebruik van de impulsen die rechtstreeks door de zaagtandgenerator worden geleverd (zie fig. 3). In beide gevallen hebben de impulsen natuurlijk dezelfde frequentie als de zaagtandspanning. In

[7]) Voor nadere bijzonderheden wordt verwezen naar K. Schlesinger, Locked oscillator for television synchronization, Electronics **22**-1, 112-117, 1949.

[8]) Zie bijv. : H. J. Roosdorp, Beschouwingen over het regelen van industriële processen, Philips techn. T. **12**, 225-231, 1950 (No. 8), in het bijzonder blz. 231, en ook Philips techn. T. **12**, 267 (fig. 14), 1950 (No. 9).

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

tegenstelling tot het geval van fig. 4, waarin elk van de oscillatoren een sinusvormige spanning leverde, hebben we bij de fazediscriminator van een schakeling voor vliegwielsynchronisatie dus meestal te maken met twee reeksen van impulsen, waarvan de ene met de andere moet worden gesynchroniseerd door middel van automatische fazeregeling.

In *fig. 5* is een schakeling hiervoor weergegeven. De buis T_1 met toebehoren vormt de zaagtandoscillator (vgl. fig. 2); schematisch is aangegeven, dat de opgewekte zaagtandspanning wordt omgezet in impulsen. De buis T_2 dient als fazediscriminator; de door deze discriminator vloeiende stroom — dat is dus de anodestroom van de buis T_2 — doorloopt

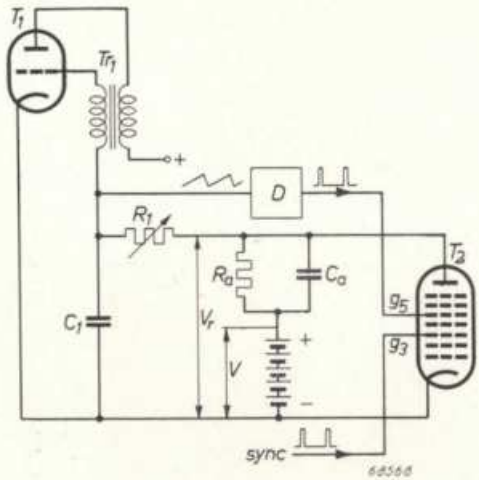


Fig. 5. Voorbeeld van een schakeling voor vliegwielsynchronisatie met automatische fazeregeling. T_1, Tr_1, C_1 en R_1 vormen een blokkeeroscillator (vgl. fig. 2). *D* differentiërend netwerk, dat uit de verkregen zaagtandspanning impulsen vormt. T_2 is een φ-detector type EQ 80, met stuurroosters g_3 en g_5. *Sync* synchronisatieimpulsen. R_a anodeweerstand en C_a afvlakcondensator, die tezamen als vliegwiel werken. *V* voedingspanning, V_r regelspanning.

een weerstand R_a en oefent daardoor invloed uit op de waarde van de spanning V_r waarmee de frequentie van de zaagtandoscillator wordt geregeld.

We zullen nu de voornaamste onderdelen van deze schakeling nader beschouwen. Als voorbeeld van een fazediscriminator is hier de buis EQ 80 aangegeven. Voor een nadere beschrijving van deze „φ-detector" moge worden verwezen naar een vroeger verschenen artikel [9]). Aan een der stuurroosters van deze buis worden de synchronisatie-impulsen toegevoerd, aan het tweede stuurrooster de uit de zaagtandspanning afgeleide impulsenreeks. De EQ 80 nu bezit de eigenschap, alleen anodestroom te kunnen doorlaten in die intervallen waarin beide stuurroosters positief zijn ten opzichte van de kathode. Vallen de impulsen van de beide reeksen gedeeltelijk samen, dan zal er dus een anodestroomimpuls optreden, waarvan de breedte afhankelijk is van de mate waarin beide impulsen samenvallen, met andere woorden: van hun onderling fazeveschil. Zoals direct uit *fig. 6* is te zien, is de anodestroomimpuls het breedst voor een fazeverschil nul (fig. 6*a*). Indien de impulsen van de twee reeksen even breed zijn — zoals in fig. 6 een-

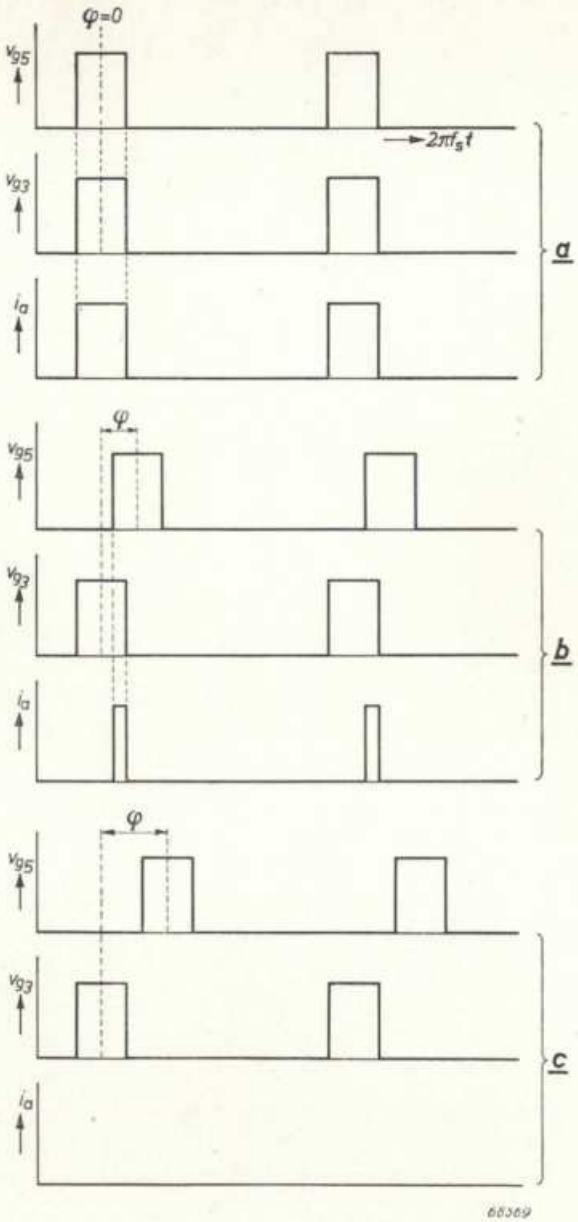


Fig. 6. Als functie van de faze $2\pi f_s t$ zijn voorgesteld: de uit de zaagtandspanning afgeleide impulsen v_{g5} op het rooster g_5, de synchronisatie-impulsen v_{g3} op het rooster g_3, en de anodestroomimpulsen i_a, van de buis T_2 in fig. 5. De spanningsimpulsen zijn hier even breed genomen.
a) De twee reeksen van spanningsimpulsen zijn in faze, de anodestroomimpulsen zijn zo breed mogelijk.
b) Gering fazeverschil φ tussen de spanningsimpulsen. De stroomimpulsen zijn smaller geworden.
c) Groot fazeverschil φ tussen de spanningsimpulsen. Er loopt geen anodestroom meer.

[9]) Philips techn. T. **11**, 33-43, 1949.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

voudigheidshalve is ondersteld —, dan wordt, zodra er enig fazeverschil optreedt (fig. 6*b*), de anodestroomimpuls smaller. Is het fazeverschil zo groot geworden dat de impulsen van de beide reeksen juist niet meer samenvallen, dan is voor dit en voor grotere fazeverschillen (fig. 6*c*) geen anodestroomimpuls meer aanwezig. Als functie van het fazeverschil vertoont de breedte van de stroomimpulsen dus een verloop als is weergegeven in *fig. 7a*.

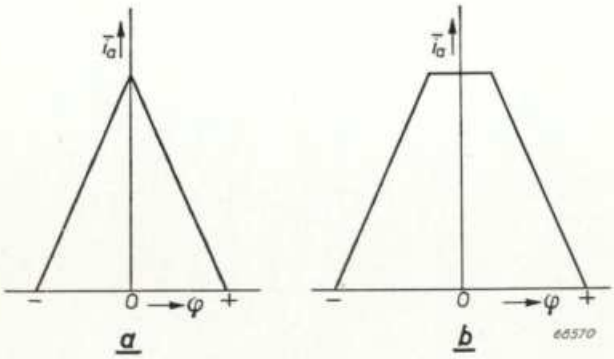


Fig. 7. Gemiddelde anodestroom $\bar{i}_a$ in de buis T_2 van fig. 5, als functie van het fazeverschil φ tussen de twee reeksen van spanningsimpulsen, voor impulsen van gelijke breedte (*a*) en van ongelijke breedte (*b*).

Zijn de impulsen van de twee reeksen ongelijk van breedte, dan krijgt men, zoals gemakkelijk is in te zien, een verloop als is getekend in fig. 7*b*.

Deze anodestroomimpulsen nu vormen het uitgangsignaal s_d van de fazediscriminator (vgl. fig. 4). Zij doorlopen de combinatie van de weerstand R_a en de daaraan parallelgeschakelde condensator C_a, zodat over deze combinatie (die in fig. 4 met F is aangegeven) een spanning komt te staan met een gemiddelde waarde die afhangt van het fazeverschil tussen de twee reeksen van impulsen, en wel op een der in fig. 7 aangegeven wijzen. De som van de spanning over de combinatie R_a-C_a en de vaste spanning V fungeert hier als regelspanning. Deze regelspanning V_r dient om invloed uit te oefenen op de frequentie van de zaagtandoscillator.

Op welke wijze komt nu zulk een regeling van de frequentie van een zaagtandgenerator door een regelspanning V_r (zie fig. 2 en fig. 5) tot stand? Om dit te verduidelijken is het verloop van het exponentiële deel van de roosterspanning, dat in fig. 3 was getekend voor één bepaalde waarde van V_r (in fig. 2 V_0 genoemd), in *fig. 8* weergegeven voor verschillende waarden van V_r, namelijk voor de waarden V_1, V_2 en V_3. Aangezien de terugslag van de zaagtandgenerator, zoals boven werd uiteengezet, inzet op het moment waarop de roosterspanning van de triode de afknijpwaarde bereikt, is uit fig. 8 direct duidelijk dat de periode van de zaagtand afhankelijk is van de waarde der regelspanning, en wel zal de periode des te korter zijn naarmate de regelspanning hoger wordt.

Na deze uiteenzetting van de wijze waarop de synchronisatie door automatische fazeregeling tot stand komt, zal men zich afvragen, waar nu in de besproken schakeling het „vliegwiel" is aan te wijzen. In feite is de vliegwielwerking te danken aan de condensator C_a, die is parallelgeschakeld aan de weerstand R_a. Dank zij de aanwezigheid van deze condensator is namelijk de spanning die over de combinatie R_a-C_a komt te staan, gelijk aan het product van R_a en de gemiddelde waarde van een reeks van anodestroomimpulsen, die ontstaan door de samenwerking van de twee reeksen van spanningsimpulsen in de fazediscriminator. Wanneer er, behalve de synchronisatieimpulsen, ook nog storende impulsen op het stuurrooster van de fazediscriminator aankomen, kunnen deze alleen dan een merkbare invloed op de reeks van anodestroomimpulsen hebben, indien ze in een vrij groot aantal en bovendien met een bepaalde onderlinge tijdsafstand zouden optreden. Met recht kan dus hier, evenals bij het in de vorige paragraaf behandelde geval, van een vliegwielwerking en de daarmee samengaande geringe gevoeligheid voor storingen worden gesproken.

In plaats van de „φ-detector" EQ 80 kan in de schakeling van fig. 5 in principe ook een gewone

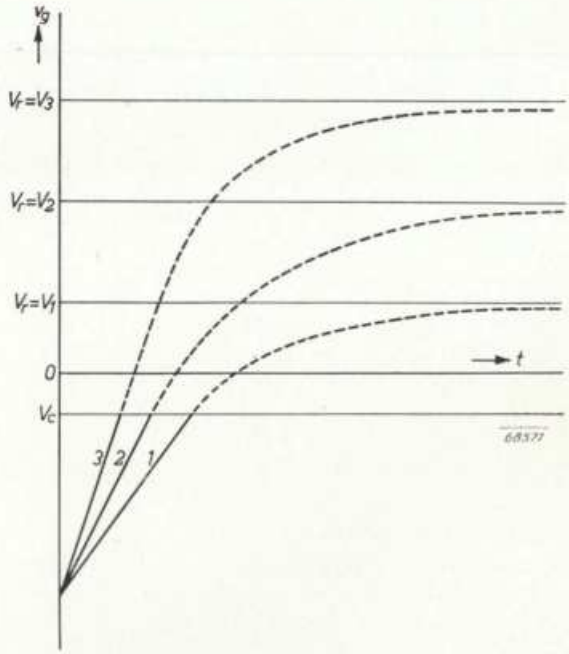


Fig. 8. Verloop van de roosterspanning V_g van de triode T_1 in fig. 5, als functie van t, voor verschillende waarden (V_1, V_2, V_3) van de regelspanning V_r. Naarmate V_r hoger is, bereikt v_g sneller de afknijpspanning V_c en is dus de frequentie hoger.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

mengbuis (bijv. een hexode, eventueel een penthode) dienst doen om uit twee impulsvormige spanningen stroomimpulsen af te leiden waarvan de breedte direct een maat is voor het fazeverschil tussen de spanningsimpulsen. In het laatste gedeelte van dit artikel zullen we een schakeling bespreken waarin de EQ 80 is vervangen door een penthode, die bovendien nog een andere functie heeft.

Een andere weg om het gestelde doel te bereiken is de volgende. Men vergelijkt de faze van de zaagtandspanning — die nu niet eerst in impulsen wordt omgezet — direct met die van de synchronisatie-impulsen. Bij samenvoegen van deze spanningen in een (gewone) mengbuis komt, wanneer het fazeverschil verandert, de impuls als het ware over de helling van de zaagtand schuiven. Het resultaat daarvan is een reeks van anodestroomimpulsen die wel in de hoogte doch niet in de breedte variëren — de tegenhanger dus van het in fig. 5 beschouwde geval. Een voorbeeld van deze tweede methode is in dit tijdschrift besproken in een artikel over de synchronisatie bij facsimile-overdracht [10]).

In plaats van de zaagtandspanning zelf te gebruiken, kan men haar ook eerst, met behulp van een resonantiekring, omzetten in een sinusvormige spanning, en de impulsen langs de schuine zijden van de sinuskromme laten lopen. Of wel, men kan, juist omgekeerd te werk gaande, de sinusvormige spanning afleiden uit de synchronisatiesignalen en de impulsen betrekken uit de zaagtandgenerator.

Deze methoden verdienen de voorkeur boven het rechtstreekse gebruik van de zaagtandspanning, wegens de vliegwielwerking van de resonantiekring. Ook van de laatstgenoemde methode zullen we straks nog een voorbeeld geven.

Nadere beschouwing van de synchronisatie door automatische fazeregeling

In het voorafgaande zagen we dat de frequentie f_1 van de zaagtandgenerator afhangt van de regelspanning V_r. Met een zekere benadering mag men zeggen dat dit een lineaire afhankelijkheid is. Maar bovendien zal deze frequentie afhangen van de waarde van de tijdconstante R_1C_1, waarin C_1 de capaciteit is van de condensator in de roosterkring van de blokkeeroscillator (fig. 2) en R_1 de grootte van de weerstand waarover C_1 zich telkens ontlaadt. Van deze laatste afhankelijkheid wordt in de televisie-ontvanger gebruik gemaakt: door de weerstand R_1 variabel uit te voeren, komt men te beschikken over een goede methode om de zaagtandfrequentie met de hand in de buurt van de frequentie der synchronisatiesignalen te brengen. De automatische fazeregeling zorgt dan via de opgewekte regelspanning er voor dat de zaagtandfrequentie de juiste waarde behoudt. Met een zekere benadering kan worden gezegd dat de zaagtandfrequentie omgekeerd evenredig is met het product R_1C_1.

Beide afhankelijkheden samenvattend, kan men voor de frequentie van de zaagtandgenerator dus schrijven:

$$f_1 = \frac{a}{R_1C_1}\left(\frac{V_r}{V} + b\right). \quad \ldots\ldots \quad (1)$$

Hierin is V het vaste deel van de regelspanning (zie fig. 5), terwijl a en b constante grootheden zijn, die van de karakteristieken van de overoscillerende triode afhangen.

Behalve de betrekking (1) is het voor de volledige beschrijving van de synchronisatie door automatische fazeregeling nog nodig aan te geven hoe de regelspanning V_r samenhangt met het fazeverschil φ tussen de beide impulsenreeksen. De regelspanning is volgens het bovenstaande gegeven door $V_r = V - \bar{i}_a R_a$, waarin $\bar{i}_a$ de gemiddelde waarde van de anodestroomimpulsen is. We schrijven deze vergelijking in de gedaante

$$\frac{V_r}{V} = 1 - \frac{\bar{i}_a R_a}{V}. \quad \ldots\ldots \quad (2)$$

Nu verloopt $\bar{i}_a$ in afhankelijkheid van het fazeverschil φ bijv. op de wijze als is voorgesteld in fig. 7*b*. Door (2) en fig. 7*b* is dus grafisch de samenhang tussen V_r/V en φ bekend. Deze is weergegeven rechts in *fig. 9*. Meer naar links in dezelfde figuur zijn enige rechte lijnen getekend die het verband van verg. (1) voor verschillende waarden van de regelbare weerstand R_1 weergeven. Onderstellen we dat R_1 een zodanige waarde heeft dat verg. (1) wordt voorgesteld door de rechte lijn I. De zaagtandgenerator, die zich op de vaste frequentie f_s van de synchronisatiesignalen heeft ingesteld, heeft dus blijkbaar het punt A tot werkpunt, dwz. de regelspanning (in verhouding tot V) heeft de waarde OP, terwijl het fazeverschil de waarde φ_A heeft.

Verandert men nu het product R_1C_1, hetzij doordat men R_1 met de hand regelt, of doordat R_1 en/of C_1 door temperatuurwijziging verlopen, dan wordt verg. (1) bijv. door de rechte lijn II voorgesteld. De zaagtandgenerator komt dan in het punt B te werken, dwz. de regelspanning heeft nu de waarde OQ en het fazeverschil de waarde

[10]) Philips techn. T. **10**, 329 en volgende, 1948.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

φ_B gekregen. Hieruit blijkt duidelijk hoe de zaagtandfrequentie gelijk wordt gehouden aan de synchronisatiefrequentie f_s ten koste van een grotere fazeverschuiving tussen de beide impulsenreeksen. Zulk een wijziging in het fazeverschil wordt op het scherm van de weergeefbuis in de televisie-ontvanger waargenomen als een verschuiving van

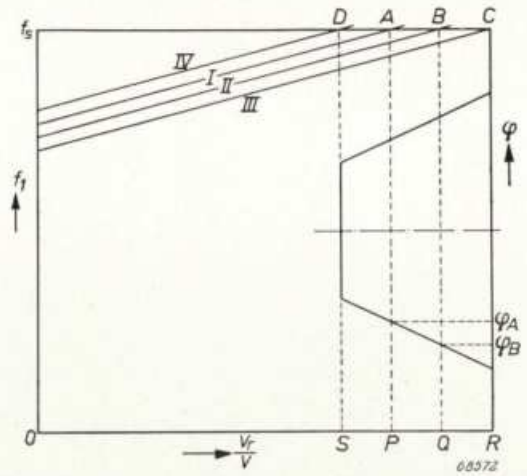


Fig. 9. De rechten I ... IV brengen de verg. (1) in beeld voor verschillende waarden van de tijdconstante R_1C_1: frequentie f_1 als functie van V_r/V. Het trapezium rechts geeft V_r/V als functie van het fazeverschil φ (vgl. fig. 7*b*). f_s is de frequentie van de synchronisatiesignalen.

het beeld. Dit is het typische uiterlijke kenmerk van een zaagtandgenerator met automatische fazeregeling; draait men bij een ontvanger waarin de lijnzaagtandgenerator van deze regeling is voorzien, aan de frequentie-instelknop van deze generator, dan ziet men het beeld over het scherm in horizontale richting verschuiven. Dit is vaak binnen wijde grenzen mogelijk. Draait men echter naar de ene of de andere zijde te ver door, dan constateert men dat de synchronisatie „er uit loopt", zodat een onsamenhangend beeld verschijnt. In fig. 9 is dit ook direct af te lezen. Wijzigt men namelijk de waarde van R_1 (verg. (1)) zover dat men te maken krijgt met de lijnen III resp. IV, dan is men gekomen aan de grenzen van het „hougebied" van de automatische fazeregeling. Regelspanningen kleiner dan OS of groter dan OR kunnen immers onmogelijk voorkomen.

Enige practische schakelingen voor vliegwielsynchronisatie met automatische fazeregeling

Voor de algemene inrichting van een synchronisatieschakeling met automatische fazeregeling herinneren we aan fig. 4, waarin nu voor O_s de bron van synchronisatiesignalen en voor O_1 de zaagtandgenerator in de plaats treden. De werking moge nog even als volgt worden samengevat.

Het uitgangssignaal s_d van de fazediscriminator PD is in breedte, of in amplitude, of in beide opzichten — in het algemeen dus in inhoud (tijdsintegraal) — afhankelijk van het fazeverschil φ tussen de zaagtandspanning en de synchronisatie-impulsen. Het filter F leidt uit s_d een gelijkspanning (regelspanning) V_r af, die invloed heeft op de frequentie f_1 van de zaagtandgenerator. Deze laatste is zo ingesteld dat, bij afwezigheid van synchronisatiesignalen, f_1 lager is dan de herhalingsfrequentie f_s van de synchronisatie-impulsen. Gaat nu, bij aanwezigheid van de synchronisatie-impulsen, door de een of andere oorzaak de gelijkheid van f_1 en f_s verloren, wordt bijv. $f_1 < f_s$, dan verandert φ zodanig dat V_r toeneemt en f_1 derhalve hoger wordt. Daar ook bij het geringste verschil tussen f_1 en f_s het fazeverschil φ onbeperkt met de tijd blijft toenemen, wordt f_1 exact op de juiste waarde f_s gebracht („integrerende regelaar").

In principe is deze methode even bruikbaar voor het synchroniseren van de beeld zaagtandgenerator als voor dat van de lijn zaagtandgenerator. Ze heeft echter voor het eerstgenoemde doel minder toepassing gevonden dan voor het laatste. Dit hangt samen met de lage waarde van de rasterfrequentie (50 rasters, of partiële beelden, per seconde), die onpractisch grote capaciteitswaarden nodig zou maken. In het volgende beperken wij ons dan ook tot toepassingen op de lijnzaagtandgenerator.

Wat de practische uitvoering betreft, kan men voor de fazediscriminator gebruik maken van een der bekende schakelingen op dit gebied, bijv. die met twee of met vier dioden. Voor bijzonderheden hieromtrent verwijzen wij de belangstellende lezer naar de desbetreffende literatuur [11]).

In het onderstaande zullen wij twee schakelingen bespreken waarin wij een belangrijke vereenvoudiging hebben verkregen door *in één normale versterkbuis de functie van fazediscriminator te combineren met die van het opwekken van de zaagtandspanning*. De buis moet daartoe ten minste een penthode zijn. De kathode, het stuurrooster en het schermrooster fungeren tezamen als een triode, die deel uitmaakt van de zaagtandgenerator. Op het derde rooster komen de synchronisatie-impulsen (of een daaruit afgeleid signaal) te staan, en aan de anodekring wordt de regelspanning ontleend, die, bij een afwijking van de zaagtandfrequentie, deze laatste weer op de juiste waarde brengt.

[11]) Zie bijv.: K. R. Wendt en G. L. Fredendall, Automatic frequency and phase control of synchronization in television receivers, Proc. Inst. Rad. Engrs. **31**, 7-15, 1943; E. L. Clark, Automatic frequency phase control of television sweep circuits, Proc. Inst. Rad. Engrs. **37**, 497-500, 1949; Milton S. Kiver, Modern television receivers, Radio and Television News **43**, 50-52 en 110-111. Maart 1950.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

Fig. 10 toont een nadere uitwerking van deze gedachte. T_3 is de genoemde penthode. De „triode" gevormd door de kathode, het stuurrooster g_1 en het schermrooster g_2, maakt, tezamen met een triode T_4, deel uit van een multivibrator. Deze is zodanig ingesteld dat aan het schermrooster een zaagtandspanning ontstaat, met een frequentie die iets te laag is wanneer de synchronisatie-impulsen afwezig zijn. De frequentie kan worden ingesteld door middel van de regelbare weerstand R_1.

Bij iedere terugslag van de zaagtand heeft het stuurrooster van T_3 gedurende korte tijd ongeveer kathodepotentiaal. Er loopt dan een stroomstoot naar g_2. Of er eveneens anodestroom loopt, hangt af van de potentiaal van het derde rooster, g_3. Is deze potentiaal nul, dan vloeit er inderdaad een anodestroomstoot; heeft g_3 daarentegen een voldoende negatieve potentiaal, dan blijft de anodestroom uit.

In de schakeling van fig. 10 nu worden de synchronisatie-impulsen op g_3 gezet via een koppelcondensator met een lekweerstand, aan welke laatste een diode is parallelgeschakeld. Dit heeft tot gevolg dat het derde rooster zich instelt op een negatieve spanning ongeveer ter grootte van de amplitude der impulsen, en dat het alleen tijdens de impulsen de spanning nul aanneemt. De werking is nu dezelfde als die van de buis EQ 80 in fig. 5: er vloeit alleen anodestroom door de penthode wanneer zowel g_1 als g_3 dit toelaat (dat wil hier zeggen: wanneer g_1 en g_3 beide ongeveer kathodepotentiaal hebben). De breedte van de anodestroomimpulsen hangt dus af van het fazeverschil φ tussen de zaagtandspanning en de synchronisatie-impulsen. Daar de anodestroom door een weerstand R_a loopt (met parallelgeschakelde afvlakcondensator C_a), heeft φ invloed op de anodespanning V_r, die als regelspanning dienst doet.

In werkelijkheid zijn het niet de synchronisatiesignalen zelf die we links in fig. 10 toevoeren, maar de impulsen die we verkrijgen door de synchronisatiesignalen te differentiëren. Anders zou namelijk de 50 maal per seconde optredende reeks van brede beeld synchronisatie-impulsen (zie fig. 1) de werking in de war sturen. Bij het differentiëren levert de stijgende flank van elke rechthoekige impuls een positieve,

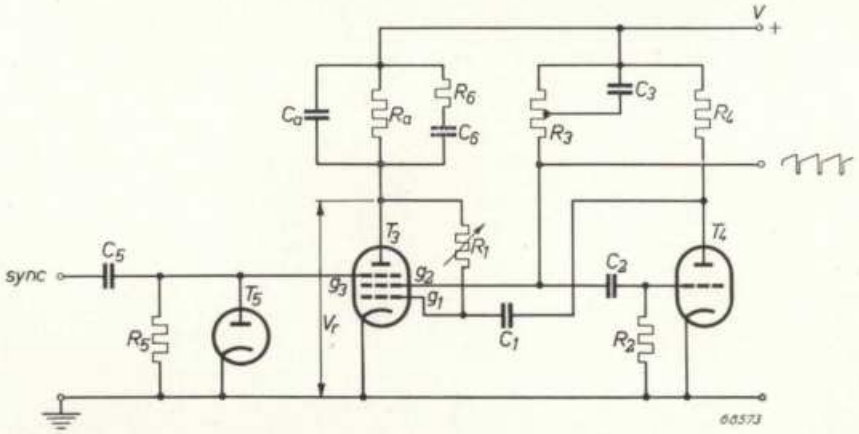


Fig. 10. Schakeling voor vliegwielsynchronisatie van de lijnzaagtandgenerator, met automatische fazeregeling. De zaagtandgenerator is een multivibrator en bestaat uit de „triode" gevormd door de kathode en de roosters g_1 en g_2 van de penthode T_3, uit de triode T_4 en uit de condensatoren C_1 en C_2, de roosterweerstanden R_1 en R_2 en de anodeweerstanden R_3 en R_4. Aan het rooster g_3 liggen de synchronisatie-impulsen plus een automatisch verkregen negatieve roosterspanning (verkregen met behulp van de roostercondensator C_5, de weerstand R_5 en de diode T_5). De penthode doet tegelijk dienst in de zaagtandgenerator en als fazediscriminator. Het correctienetwerk R_6 en C_6 geeft de regeling een aperiodiek karakter. Overige letter als in fig. 5.

de dalende flank een negatieve impuls. Zoals men in fig. 1 gemakkelijk kan nagaan, zijn de door het differentiëren verkregen positieve impulsen aequidistant — afstand $H = {}^1/_{15\,625}$ seconde = 1 lijnperiode = $1/f_s$ —, behalve tijdens de egalisatie-impulsen, waarbij de afstand $\frac{1}{2}H$ wordt; daar zijn echter de positieve impulsen om de andere onwerkzaam, doordat er dan wegens negatieve spanning op het stuurrooster van de penthode toch geen anodestroom loopt. Uiteraard zijn de (niet-aequidistante) negatieve impulsen die bij det differentiëren ontstaan, eveneens onwerkzaam.

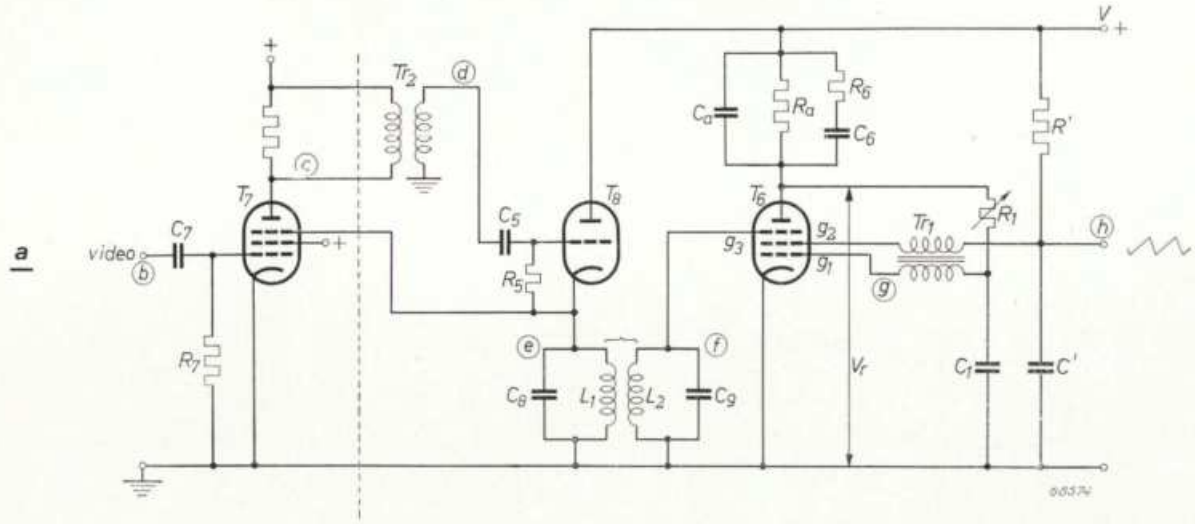
Wij willen ook nog even de aandacht vestigen op een voordeel van de automatische negatieve spanning, die de synchronisatiesignalen, met behulp van de koppelcondensator, de weerstand en de diode, zelf aan het derde rooster opwekken. Vallen namelijk de synchronisatiesignalen weg (door een storing in de zender bijv.), dan wordt de spanning van g_3 nul. Er gaan dus anodestroomimpulsen lopen, die alleen wat breder zijn dan in de normale toestand, bij synchronisme. De regelspanning V_r en derhalve de frequentie f_1 van de nu vrijlopende multivibrator verschillen dus niet veel van hun normale waarde, en bij terugkeer van de synchronisatiesignalen wordt van zelf het synchronisme hersteld. Anders zou dit zijn

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

als de negatieve roosterspanning niet automatisch werd verkregen, maar werd ontleend bijv. aan een batterij. Indien in dat geval de synchronisatiesignalen wegvallen, blijft de negatieve roosterspanning bestaan, de anodestroom wordt dus nul, V_r loopt op tot de waarde V van de voedingspanning, en f_1 stijgt tot een waarde die zoveel hoger is dan de juiste waarde f_s dat men, bij terugkeer van de synchronisatiesignalen, met de weerstand R_1 moet manipuleren om het synchronisme te herstellen.

Ten slotte nog een klein detail in de schakeling van fig. 10: de serieschakeling van de weerstand R_6 en de condensator C_6,



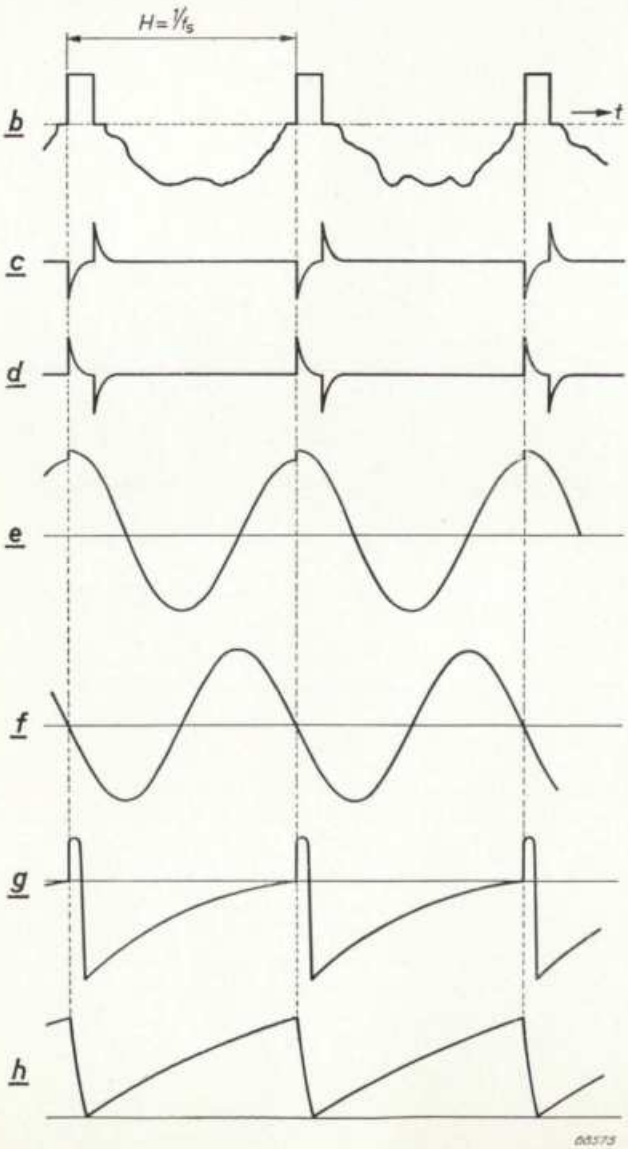


Fig. 11. *a*) Rechts van de stippellijn: andere schakeling voor vliegwielsynchronisatie van de lijnzaagtandgenerator, met automatische fazeregeling. Links: penthode T_7, met roostercondensator C_7 en weerstand R_7, die van het videosignaal de beeldsignalen afsnijdt, zodat slechts de synchronisatie-impulsen overblijven.

Tr_2 differentiërende transformator. T_8 triode, waarvan de kathodestroomimpulsen de resonantiekring L_1-C_8 aanstoten. L_2-C_9 kritisch met L_1-C_8 gekoppelde kring. T_6 penthode, die tegelijk werkt als blokkeeroscillator (roosters g_1 en g_2, transformator Tr_1, R-C-combinaties R_1-C_1 en R'-C') en als fazediscriminator (roosters g_1 en g_3 en combinatie R_a-C_a-R_6-C_6, vgl. fig. 10).

In de bijfiguren (*b*) ... (*h*) is als functie van t weergegeven de spanning aan de punten van de schakeling die in (*a*) met de overeenkomstige letters zijn aangeduid.

die parallel aan de combinatie R_a-C_a is geschakeld. Laat men R_6 en C_6 weg, dan verloopt de regeling na een storing volgens een gedempte trilling, hetgeen zich uit in een golving van de zijkanten van het beeld. Door een juiste keuze van R_6 en C_6 kan men de regeling een gedempt aperiodiek karakter geven, waarbij de zijkanten van het beeld zo goed als recht worden.

In *fig. 11a* is een andere schakeling weergegeven, waarin tevens de functies van fazediscriminatie en zaagtandopwekking in één penthode zijn verenigd. Ook hier vormen de kathode, het stuurrooster en het schermrooster van deze penthode (T_6) een triode, die deel uitmaakt van de zaagtandgenerator (in dit geval een zelfblokkerende oscillator, vgl. fig. 2). Een verschil met de vorige schakeling is echter, dat op g_3 nu een sinusvormige spanning staat, die op straks aan te geven wijze is afgeleid uit de synchronisatiesignalen, en die de frequentie f_s heeft. De amplitude is zo gekozen dat de afknijpspanning van het derde rooster niet wordt bereikt,

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

zodat deze wisselspanning het optreden van anodestroom nooit geheel verhindert. De anodestroomimpulsen zijn hier constant van breedte (gelijk aan de tijd gedurende welke de stuurroosterspanning ongeveer nul is), doch variabel in amplitude: deze laatste hangt namelijk af van de ogenblikswaarde der wisselspanning op het derde rooster. We hebben hier dus een voorbeeld van de in het voorgaande reeds genoemde methode van fazeregeling waarbij het door de discriminator geleverde signaal in amplitude varieert met het fazeverschil tussen een sinusvormige spanning met de juiste frequentie en de te synchroniseren zaagtandspanning.

Op de bekende wijze zorgt een filter R_a-C_a (fig. 11*a*) er voor dat met de „inhoud" van de anodestroomimpulsen een gelijkspanning V_r correspondeert, die als regelspanning voor de zaagtandgenerator fungeert.

Rest ons nu nog te beschrijven hoe uit de synchronisatiesignalen de sinusvormige spanning voor het derde rooster van T_6 wordt verkregen.

In fig. 11*a* is T_7 de in iedere televisie-ontvanger aanwezige buis die tot taak heeft, uit het videosignaal (fig. 11*b*) de rechthoekige synchronisatieimpulsen af te scheiden (deze buis behoort dus niet tot de speciale schakeling die wij nu bespreken). Dit afscheiden geschiedt eenvoudig door de beeldsignalen af te snijden. De anodestroom van T_7 heeft dus de vorm van rechthoekige impulsen. Door de differentiërende werking van de zelfinductie van de primaire spoel van de transformator Tr_2 vertoont de anodespanning van T_7 impulsen van de vorm als weergegeven in fig. 11*c*. De secundaire spoel van Tr_2 levert gelijkvormige, doch van teken omgekeerde, impulsen (fig. 11*d*) aan het rooster van een triode T_8. Rooster en kathode van T_8 vormen een diode, die, tezamen met de roostercondensator en de lekweerstand (C_5-R_5), er voor zorgt dat de buis slechts bij de positieve toppen van de roosterspanning stroom doorlaat. Deze stroomimpulsen stoten een resonantiekring L_1-C_8 aan. De kring is afgestemd op de frequentie f_s van de synchronisatiesignalen, evenals een tweede kring, L_2-C_9. De spanning over L_2-C_9 staat op het derde rooster van T_6. De twee kringen zijn kritisch met elkaar gekoppeld, wat tot gevolg heeft dat de sinusvormige spanning over L_2-C_9 (fig. 11*f*) 90° in faze is verschoven ten opzichte van de spanning over L_1-C_8 (fig. 11*e*).

Bij het synchroon lopen van de zaagtandgenerator begint de ontlading van de condensator C_1 (dus de terugslag van de zaagtand, zie fig. 11*g*) ten tijde van het door nul gaan van de wisselspanning aan g_3, dus op het ogenblik waarop de spanning over L_1-C_8 maximaal is, d.i. bij de linkerflank van de rechthoekige synchronisatie-impulsen. Bij afwijking van synchronisme verschuift de impuls op g_1 als het ware langs de flank van de in fig. 11*f* afgebeelde sinuslijn daarmee het reeds beschreven regelproces in gang zettende.

Een vrij algemeen gebruikelijke finesse waarover wij eenvoudigheidshalve bij fig. 2 niet hebben gesproken, bestaat in het aanbrengen van een combinatie van weerstand en capaciteit als in fig. 11*a* is aangegeven met R' en C'. Over C' wordt een zaagtand verkregen (fig. 11*h*) die beter lineair is dan die over C_1.

Na wegvallen en terugkeren van de synchronisatiesignalen wordt ook bij deze schakeling zonder bijregelen het synchronisme hersteld.

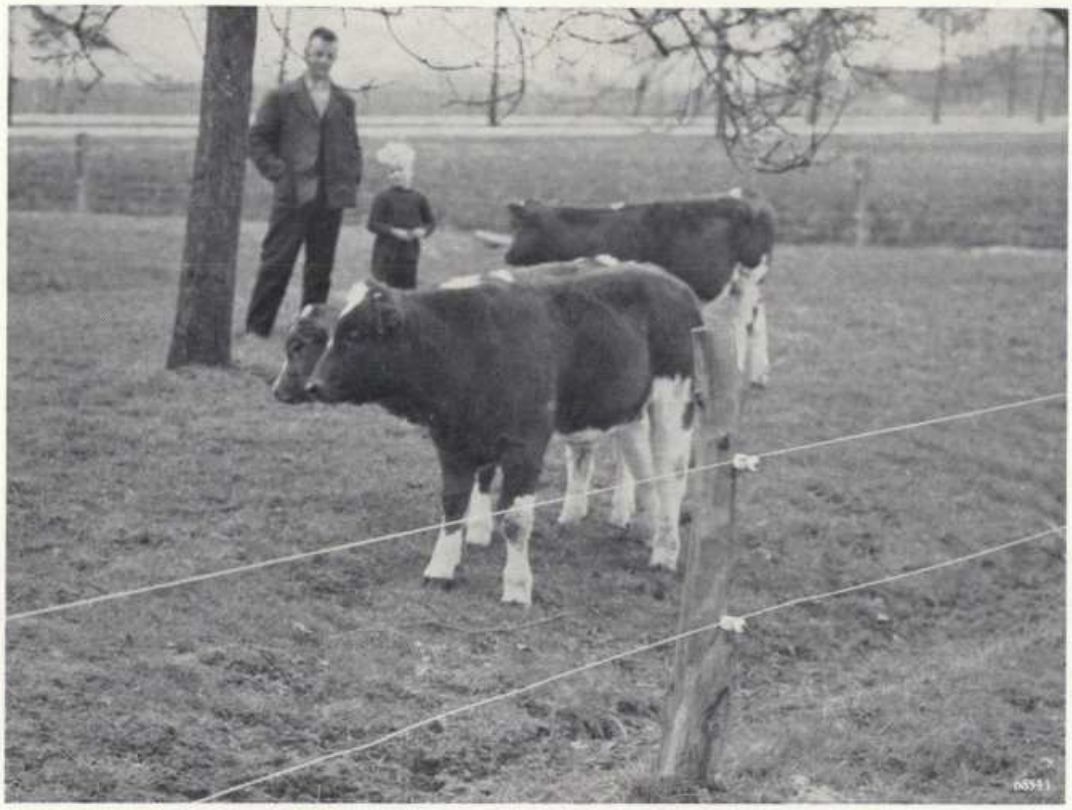
De combinatie R_6-C_6 heeft dezelfde functie als besproken bij fig. 10.

Vermelding verdient nog de verbinding tussen de kathode van T_8 en het derde rooster van T_7 (fig. 11*a*). Dank zij deze verbinding wordt geen last ondervonden van de frequentie $2f_s$, die optreedt bij de egalisatie-impulsen van de beeldsynchronisatiesignalen (zie fig. 1). De negatieve toppen van de wisselspanning over de kring L_1-C_8 (fig. 11*e*) maken namelijk het derde rooster zo hoog negatief dat de extra-impulsen geen anodestroom in T_7 kunnen veroorzaken en dus, wat de lijnsynchronisatie aangaat, onwerkzaam zijn.

Samenvatting. In een televisie-ontvanger worden de zaagtandvormige signalen die dienen om de electronenbundel in de weergeefbuis de vereiste horizontale en verticale bewegingen over het scherm te laten volbrengen, gesynchroniseerd door de in het ontvangen videosignaal mede opgenomen synchronisatiesignalen. Deze synchronisatie kan door storingen ernstig in de war worden gebracht. Na een beschouwing van de storingsgevoeligheid van verschillende synchronisatiesystemen wordt nader ingegaan op een de laatste tijd meer en meer in zwang komende wijze van synchroniseren der lijnen, bekend onder de naam vliegwielsynchronisatie, waarbij verregaande vermindering van de invloed van storingen te bereiken is. De principes van automatische fazeregeling, die hierbij van bijzonder belang is, worden uitvoerig behandeld. Aan het slot worden twee schakelingen behandeld die eenvoudiger zijn dan de tot dusverre bekende schakelingen, doordat een normale penthode, die dienst doet voor het opwekken van de zaagtandspanning, tevens fungeert als fazediscriminator.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023



ELECTRISCHE WEIDE-AFRASTERING

door F. H. de JONG en L. W. ROOSENDAAL. 621.315.1:631.27

Dat electrotechnische, en zelfs electronische, hulpmiddelen te baat worden genomen om vee in zijn bewegingsvrijheid te beperken — welk doel immers met bijv. prikkeldraad ook kan worden bereikt — zal wellicht velen een dwaze toepassing van de techniek toeschijnen. Maar de zaak krijgt een ander aanzien wanneer men verneemt dat, dank zij de electrische afrastering, een weide een aanzienlijk grotere hoeveelheid gras kan opbrengen, en dus ook een grotere hoeveelheid zuivelproducten. Voor een land als Nederland zijn hiermee zulke grote economische belangen gemoeid dat bij de aanschaffing van electrische weide-afrastering in bepaalde gevallen van rijkswege een geldelijke tegemoetkoming wordt toegestaan.

Het economisch weiden van vee

In landen waar de oppervlakte aan weidegronden beperkt is en niet kan worden uitgebreid —hetzij doordat de bodemgesteldheid er zich niet toe leent, hetzij wegens een grote bevolkingsdichtheid — is het economisch weiden van vee een zaak waarbij de veehouder rechtstreeks belang heeft. Zijn de veeteeltproducten van gewicht voor de export van het land, dan komt bij het particulier belang nog een nationaal belang. Nederland, dat een enorme bevolkingsdichtheid heeft en tevens in de noodzaak verkeert zijn uitvoer, waarin zuivelproducten een groot aandeel hebben, zoveel mogelijk op te voeren, is wel een typisch voorbeeld van een land waarop het bovenstaande van toepassing is. Voor landen als België, Denemarken, Frankrijk, Zwitserland, die gedeeltelijk in soortgelijke omstandigheden verkeren, geldt min of meer hetzelfde. Dit verklaart de aandacht die de laatste jaren in deze landen aan het „economisch weiden" wordt besteed.

Het weiden is namelijk een minder eenvoudige zaak dan een niet-deskundige wellicht zal denken. Laat men bijv. een aantal koeien gedurende het er voor in aanmerking komende seizoen grazen in een bepaalde weide, dan is de hoeveelheid gras die de dieren tot zich nemen, lang niet zo groot als de weide vermag op te brengen zonder vee: de koeien vertrappen voortdurend een aanzienlijke hoeveelheid gras, dat niet de nodige tijd krijgt om weer tot krachtige groei te komen.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

Het economisch weiden nu bestaat hierin dat men de koeien slechts een bepaald weideperceel ter beschikking stelt (bijv. 5 are per koe) en ze bijv. om de paar dagen van perceel laat wisselen. Eerst na een dusdanige periode dat het gras zich van het vertrappen en afgrazen voldoende heeft hersteld, laat men het vee in het eerste perceel terugkeren, en zo vervolgens. De herstellingstijd van het gras bedraagt, al naar de omstandigheden, één tot twee weken. Op deze wijze laat zich het „grasverlies" van circa 50% tot 20 of zelfs 10% terugbrengen.

Daar staat echter tegenover dat men moet zorg dragen voor een geschikte afrastering van het in gebruik zijnde perceel. Een eenvoudige afrastering met glad ijzerdraad is absoluut onvoldoende, gezien de gewoonte van het vee, zich tegen de draad of de palen te schuren; het zou wel een zeer solide en kostbare omheining moeten zijn die daartegen bestand was. Vandaar dat men zijn toevlucht heeft genomen tot prikkeldraad, hoewel dit in prijs veel hoger is dan glad draad. Ook behoort het aanleggen van een prikkeldraadomheining niet tot de aangenaamste bezigheden. Dit laatste maakt het ondoenlijk de afrastering telkens te verplaatsen wanneer een nieuw perceel in gebruik moet worden genomen. Men moet er dus wel toe overgaan niet alleen het in het gebruik zijnde perceel, maar alle percelen te omrasteren, hetgeen uiteraard vrij kostbaar is.

Een nog ernstiger bezwaar is, dat het vee zich herhaaldelijk aan het prikkeldraad wondt, dikwijls dusdanig dat de veearts er aan te pas moet komen. De lidtekens die op de huid achterblijven, maken dat deze voor de leerbereiding minder waard is.

Electrische afrastering

Om deze nadelen van prikkeldraad te ondervangen, is men op de gedachte gekomen terug te keren tot glad draad, dat nu echter op isolatoren wordt bevestigd en op een zodanige electrische spanning wordt gebracht dat het bij aanraking schokken teweegbrengt die sterk genoeg zijn om het vee zijn schuurgewoonte af te leren, maar die niettemin voor mens en dier ongevaarlijk zijn.

Dit blijkt met succes uitvoerbaar te zijn. Aan het eerste gedeelte van de vraag: het geven van een spanning aan de draad, hoog genoeg om de reeds ingeburgerde benaming „schrikdraad" te rechtvaardigen, is natuurlijk gemakkelijk te voldoen, maar in de vereiste afwezigheid van gevaar schuilt de moeilijkheid. Noch met een ononderbroken gelijkspanning, noch met een gewone wisselspanning, laat zich een ook maar enigszins bruikbaar compromis vinden. Voor de mens is bijv. een wisselspanning van 60 V, 50 Hz, al niet onbedenkelijk, en toch is er geen sprake van dat men met een dergelijke spanning een voldoende schrikeffect zou kunnen verkrijgen.

Uitgaande van het feit echter dat zowel mens als dier stootsgewijze, met voldoend grote tussenruimten, veel hogere spanningen kan verdragen dan in het geval van een voortdurende gelijkspanning of wisselspanning, is het gelukt tot een zeer goede oplossing te komen. Vooruitlopend op de nader te bespreken veiligheidsvoorschriften, zij hier alvast meegedeeld dat spanningsimpulsen met een top van 5000 V onder bepaalde voorwaarden ongevaarlijk zijn. Dat met een dergelijke spanning voldoende schrikwerking wordt verkregen, ligt voor de hand.

Men vreest misschien, dat, in plaats van de door prikkeldraad veroorzaakte wonden, het vee nu brandwonden zal oplopen. De energie der impulsen is echter, ondanks de hoge spanning, zo klein gekozen dat van brandwonden geen sprake is. Het volkomen afwezig zijn van welk wondingsgevaar dan ook wordt in veeteeltkringen als een groot voordeel beschouwd. Het heeft de electrische afrastering niet alleen populair gemaakt voor het weiden van koeien, maar ook voor paardenfokkerijen.

Een electrische weide-afrastering bestaat dus uit een gewone, gladde, met isolatoren op paaltjes bevestigde ijzerdraad („schrikdraad"), die verbonden is met een nader te bespreken „spanninggever", welke de electrische impulsen opwekt. Gewoonlijk is één enkele draad als afrastering reeds voldoende. Daar de dieren er niet tegenaan zullen schuren, behoeven de palen niet bijzonder stevig te zijn en de onderlinge afstand niet kleiner dan circa 10 m. In vergelijking met prikkeldraad is deze afrastering zeer goedkoop, zodat men met weinig kosten alle weidepercelen kan omrasteren. Het feit dat de afrastering uit slechts één of twee gladde draden bestaat en de paaltjes licht en klein in aantal zijn, maakt dat een electrische omheining ook gemakkelijk is te verplaatsen. Ziet men tegen deze (geringe) moeite niet op, dan kan men volstaan met alleen om het in gebruik zijnde perceel een schrikdraad aan te brengen en deze op gezette tijden, mèt het vee, te verplaatsen. Beide methodes vinden toepassing.

Wordt een perceel begrensd door een sloot, dan is het daarlangs aanbrengen van een schrikdraad weliswaar niet noodzakelijk, maar toch wel aan te bevelen, indien men wil voorkomen dat het vee de slootranden te dicht nadert en de kanten ervan aftrapt.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

Wij willen hier nog opmerken dat ook voor kippen een electrische afrastering zin heeft, dank zij het merkwaardige feit dat de vogels niet over de draad heen vliegen nadat ze ermee in aanraking zijn geweest. Om deze reden moet de schrikdraad dicht bij de grond, op ongeveer 20 cm hoogte, worden aangebracht. Het voordeel van de electrische afrastering heeft in dit geval natuurlijk niets te maken met de groei van het gras, maar schuilt alleen in de lage prijs van de schrikdraad, vergeleken met die van een 2 m hoog hek van ijzergaas, en in het gemak dat een mens eenvoudig over de draad heen kan stappen.

Veiligheidsvoorschriften

In de meeste landen bestaan van staatswege gegeven veiligheidsvoorschriften voor electrische gebruiksvoorwerpen en electrisch materiaal. In Nederland worden de voorschriften opgesteld en de keuringen uitgevoerd door de N.V. tot Keuring van Electrotechnische Materialen te Arnhem („KEMA"), die dit ook ten aanzien van spanninggevers voor schrikdraadinstallaties heeft gedaan. De hiervoor geldende voorschriften zijn van rijkswege bindend verklaard. Er zijn, behalve een aantal eisen welke algemeen van toepassing zijn voor electrische toestellen die in de handen komen van het publiek, ook eisen in vervat die in het bijzonder voor de bedoelde spanninggevers van belang zijn. Om beter begrijpelijk te maken waarom de door ons uitgewerkte spanninggever op de straks te beschrijven wijze is ingericht, laten we hier de voornaamste bepalingen omtrent de spanning en de stroomsterkte in de schrikdraadketen enigszins verkort volgen [1]).

a) In de schrikdraadketen mag geen ononderbroken stroom van meer dan 0,7 mA (topwaarde) vloeien [2]).
b) De duur van een impuls mag 0,1 s niet overschrijden (van de duur wordt een bepaalde definitie gegeven).
c) De tijd tussen twee impulsen moet ten minste 0,75 s bedragen.
d) Per impuls mag de doorgestroomde lading (absolute waarde) niet meer dan 2,5 millicoulomb bedragen.
e) De topwaarde van de spanning mag 5000 V niet overschrijden (gemeten terwijl de schrikdraadklemmen van het toestel zijn verbonden door de ongunstigste combinatie van een weerstand van 500 ohm of meer en een capaciteit van 0 tot 2 μF).
f) De topwaarde van de stroom in de schrikdraadketen [2]) mag 300 mA niet overschrijden.
g) Spanninggevers voor netaansluiting moeten aan het in (a) ... (f) bepaalde voldoen bij aansluiting op een spanning die 1,15 maal de nominale spanning is, of minder.
h) Spanninggevers voor netaansluiting moeten functionneren bij aansluiting op een willekeurige spanning tussen het 0,85-voud en het 1,1-voud van de nominale spanning. (Uit het in (g) en (h) bepaalde volgt, dat bij netspanningen beneden 85% van de nominale waarde de spanninggever òf nog moet functionneren — en dan voldoen aan (a) ... (f)! —, òf in het geheel niet meer mag werken.)
j) Indien een onderdeel defect raakt, een onvoldoend geborgde interne verbinding losraakt, een kruip- of luchtweg van minder dan 10 mm of een luchtweg [3]) welke emissiestroom voert wordt overbrugd, het toestel wordt aangesloten op de verkeerde stroomsoort of de voedingsbron op de verkeerde wijze wordt aangesloten, mag dit niet ten gevolge hebben dat niet meer aan het in (a) ... (g) bepaalde wordt voldaan.

Opgemerkt zij nog dat in andere landen de bepalingen — voor zover zij bestaan — van dezelfde strekking zijn, maar hier en daar in details enigszins afwijken.

De spanninggever

De door ons ontwikkelde spanninggever (*fig. 1*) is bestemd voor aansluiting op wisselstroomnetten. Vooropgesteld was dat geen bewegende contacten zouden worden gebruikt, omdat deze onderhoud en van tijd tot tijd bijregeling nodig hebben.

Als uitgangspunt hebben wij de welbekende schakeling voor het opwekken van relaxatietrillingen genomen (*fig. 2*). Uit een gelijkspanningsbron wordt over een weerstand R_1 een condensator met capaciteit C_1 geladen. Parallel met deze condensator is een gasontladingsbuis geschakeld — bijv. een glimbuis — waarvan de ontsteekspanning hoger is dan de doofspanning. Heeft de condensatorspanning een waarde bereikt die gelijk is aan de doorslagspanning van de glimbuis, dan slaat deze buis door, waarbij de condensator zich met een krachtige stroomstoot in korte tijd ontlaadt. Zodra het ontladen van de condensator is afgelopen en de buis weer stroomloos is, begint het laden opnieuw. De stroomstoten door de glimbuis kan men leiden door de primaire wikkeling van een transformator, die dan, evenals een inductieklos van Ruhmkorff, aan de secundaire (hoogspannings-)zijde impulsen met hoge spanning levert.

De herhalingsfrequentie van de impulsen hangt af van de relaxatietijd R_1C_1, en o.a. ook van de

[1]) Ontleend aan paragraaf 7 van de „Eisen welke bij de keuring van spanninggevers voor schrikdraadinstallaties worden gesteld", N.V. tot Keuring van Electrotechnische Materialen, Arnhem, December 1948.

[2]) Volgens een voorafgaande bepaling (paragraaf 2g) moet, tenzij uitdrukkelijk anders vermeld, de meting van spanning en stroomsterkte in de schrikdraadketen geschieden terwijl de aansluitklemmen voor deze keten zijn verbonden door de ongunstigste combinatie van een weerstand tussen 500 ohm en 2 megohm en een capaciteit van ten hoogste 0,2 μF — in overeenstemming met de zeer uiteenlopende impedantiewaarden die tussen de schrikdraad en aarde bij aanraking ontstaan.

[3]) Onder „luchtweg" wordt hier mede iedere ontladingsweg in gas of in vacuum verstaan.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

Fig. 1. De Philips spanninggever voor schrikdraadinstallaties, type 7937/01. Het toestel is bestemd voor aansluiting op een wisselstroomnet.

grootte der gelijkspanning E en van de doorslagspanning van de buis. In de afhankelijkheid van deze spanningen ligt een der redenen waarom men niet met de eenvoudige schakeling volgens fig. 2 kan volstaan. In de practijk zal men de spanning E verkrijgen door gelijkrichting van een uit het net betrokken wisselspanning. Tenzij men de een of andere stabilisatie toepast, zal E dus aan dezelfde schommelingen onderhevig zijn als de netspanning zelf, en juist op het platteland kunnen deze schommelingen aanzienlijk zijn. Doch ook al zou E constant worden gehouden, dan heeft men nog de moeilijkheid

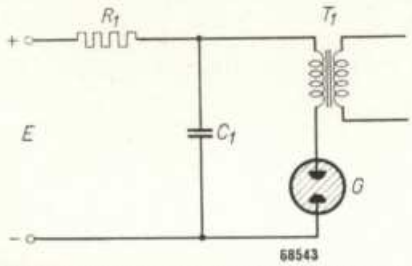


Fig. 2. Schakeling voor het opwekken van relaxatietrillingen. G glimbuis, die doorslaat zodra de exponentieel oplopende spanning over de condensator C_1, die over een weerstand R_1 door de gelijkspanningsbron E wordt geladen, de doorslagwaarde bereikt. De condensator ontlaadt zich dan in korte tijd, waarna de glimontlading afbreekt en het laden van de condensator opnieuw begint. Aan de transformator T_1 treedt bij iedere doorslag een spanningsimpuls op.

dat de doorslagspanning van een gasontladingsbuis tijdens de levensduur vrij veel kan variëren. Wegens genoemde spanningsafhankelijkheid nu zou onder ongunstige omstandigheden de herhalingsfrequentie van de impulsen òf zo laag kunnen worden dat bij een kortstondige aanraking de kans groot is dat in het geheel geen prik wordt gevoeld, òf zo hoog dat niet meer is voldaan aan de bovengenoemde eis van ten minste 0,75 s tussen twee opeenvolgende impulsen.

Om aan deze moeilijkheid te ontkomen, zijn wij er toe overgegaan het doorslaan van de gasontladingsbuis te synchroniseren door (zwakke) hulpimpulsen, die met een nagenoeg constante herhalingsfrequentie door een afzonderlijke inrichting worden opgewekt. De gasontladingsbuis is daartoe voorzien van een ontsteekelectrode (ze is dus een relaisbuis, of thyratron) en zo gedimensionneerd dat, bij afwezigheid van een spanning aan deze electrode, de doorslagspanning ver boven de gelijkspanning E ligt.

Een en ander is weergegeven in *fig. 3*. Het thyratron, afgebeeld in *fig. 4*, is voorzien van een gloeikathode, omdat deze beter dan een koude kathode

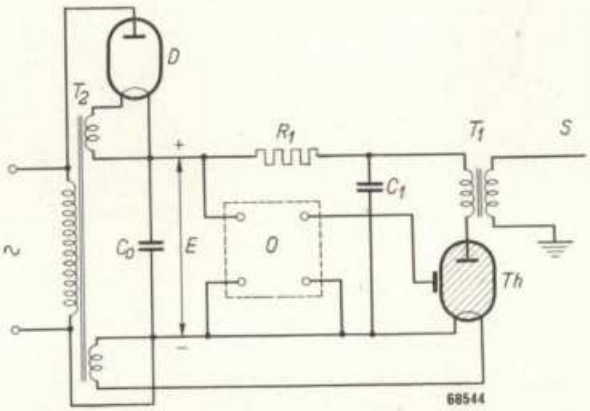


Fig. 3. Uitbreiding van de schakeling volgens fig. 2. De glimbuis is vervangen door een thyratron Th met gloeikathode en uitwendige ontsteekelectrode, welke laatste impulsen ontvangt uit een oscillator O. De gelijkspanning E wordt verkregen door de wisselspanning van het net gelijk te richten (diode D) en af te vlakken (condensator C_0). T_2 gloeistroomtransformator, S schrikdraad. R_1, C_1 en T_1 als in fig. 2.

bestand is tegen de sterke stroomstoten, die hier een topwaarde van ca 4 A bereiken (de ontlading is dan ook geen glim-, maar een boogontlading). De hoge waarde van de doorslagspanning is verkregen doordat de anode is geplaatst in een nauwe glazen hals, op vrij grote afstand van de kathode. Gebleken is, dat als ontsteekelectrode geen (inwendig) „rooster" nodig is, maar dat men zeer goed kan volstaan met een metalen bandje dat buiten om de glazen hals is geklemd (fig. 4).

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

De hulpimpulsen, die het thyratron telkens doen ontsteken, worden opgewekt door een oscillator die in fig. 3 is aangeduid met *O* en in *fig. 5* in detail is weergegeven. Hij bestaat uit een triode *P* (hier wordt een als triode geschakelde penthode type 95105 gebruikt), een spoel T_3, een roostercondensator C_2 en een lekweerstand R_2. De voedingspanning is de gelijkspanning *E*.

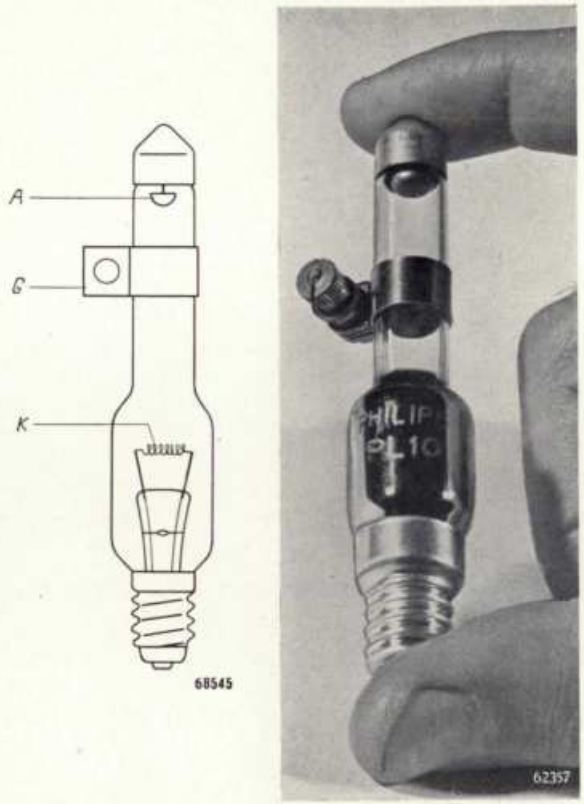


Fig. 4. Doorsnede en foto van het thyratron type PL 10 (*Th* in fig. 3). *K* direct verhitte kathode (2 V, 2,8 A), *A* anode, *G* uitwendige ontsteekelectrode in de vorm van een metalen bandje.

De schakeling kan worden opgevat als die van een oscillator volgens Hartley, waarbij de terugkoppeling wordt gevormd door de koppeling tussen de twee delen van de spoel T_3. Deze koppeling is hier zo sterk dat periodieke zelfblokkering optreedt. Komt de stuurroosterspanning in de buurt van nul, dan laat de buis anodestroom door en gaat de schakeling oscilleren. Dit gebeurt zo krachtig, dat, nog vóór één trilling is volbracht, over de condensator C_2 al een hoge negatieve roosterspanning is opgewekt, die de buis blokkeert, zodat het oscilleren ophoudt. De lading van de roostercondensator kan slechts langzaam over de weerstand R_2 afvloeien. Als de roosterspanning weer voldoende dicht tot nul is genaderd, begint het spel opnieuw. In de spoel T_3 ontstaan dus spanningstoten, die, aan de ontsteekelectrode van het thyratron gelegd, deze buis telkens doen doorslaan.

Aangaande de punten (d), (e) en (f) van het uittreksel der KEMA-voorschriften ontlenen wij aan het meetrapport van de KEMA de waarden die in de onderstaande tabel zijn vermeld.

Enige door de KEMA gemeten waarden aan de Philips spanningsgever voor schrikdraadinstallaties.

	Gemeten	Toegelaten	Netspanning	Belasting
Lading per impuls	1,7 mC	2,5 mC	115 %	500 Ω [4])
Topspanning aan schrikdraad	100 V	150 V	115 %	500 Ω
	4700 V	5000 V	115 %	onbelast
Topstroom in schrikdraadketen	200 mA	300 mA	115 %	500 Ω

[4]) 500 ohm is de in [2]) bedoelde ongunstigste belasting.

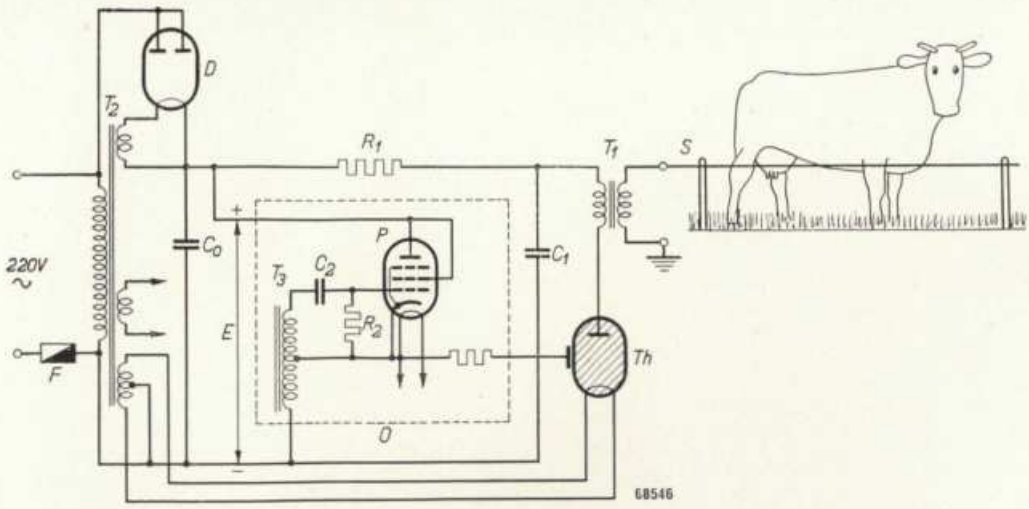
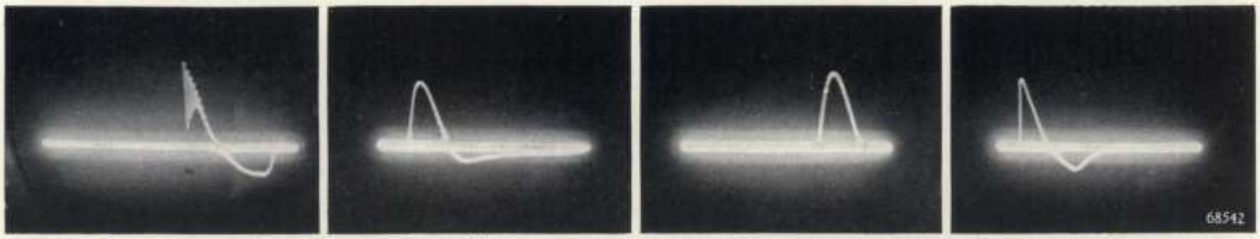


Fig. 5. Schakeling van de Philips spanninggever voor schrikdraadinstallaties (iets vereenvoudigd). *P* als triode geschakelde penthode 95105, met roosterweerstand R_2, roostercondensator C_2 en spoel T_3. *D* diode 95104, *F* smeltveiligheid; overige letters als in fig. 3.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023



a *b* *c* *d*

Fig. 6. Oscillogrammen van de secundaire spanning van de spanninggever, belast op (*a*) een weerstand van 30 MΩ, (*b*) 10 000 Ω, (*c*) 500 Ω en (*d*) een weerstand van 0,1 MΩ parallel met een capaciteit van 3000 pF. In alle vier oscillogrammen komt de lengte van de dikke witte streep overeen met 1/50 s. Men ziet, dat ruimschoots is voldaan aan bepaling (b) van de KEMA-voorschriften, die verlangt dat de duur van de impuls 0,1 s niet overschrijdt. De verticale schaal is in de vier oscillogrammen verschillend.

De impulsduur van de spanningsimpulsen op de schrikdraad (*fig. 6*) is bij onze spanninggever korter dan 0,04 s (en meestal — afhankelijk van de belasting — niet langer dan 0,01 s). Dit is dus veel korter dan de als maximum toegestane duur van 0,1 s (zie onder (b) van het uittreksel der KEMA-voorschriften — verder kortweg aangehaald als Voorschriften). Rekenen we met een duur van 0,04 s, dan mag, volgens (c) der Voorschriften, de herhalingsfrequentie van de impulsen maximaal $1/(0{,}75 + 0{,}04) = 1{,}27$ per seconde = 76 per minuut bedragen. De herhalingsfrequentie is omgekeerd evenredig met de relaxatietijd R_2C_2 (fig. 5), die zodanig is ingesteld dat onder normale omstandigheden ongeveer 60 impulsen per minuut worden gegeven. Kleine veranderingen in de karakteristieken van de buis 95105 (*P* in fig. 5) — zoals in de loop van de tijd of bij uitwisseling tegen een ander exemplaar kunnen voorkomen — blijken op de frequentie weinig invloed te hebben. Ook van de netspanning is de impulsfrequentie weinig afhankelijk (*fig. 7*).

Bij netspanningswaarden groter dan de nominale neemt de frequentie iets af, echter bij zelfs 200 % van de nominale netspanning nog maar zeer weinig [5]). Bij te lage netspanning wordt de frequentie hoger. Volgens het in de Voorschriften onder (h) bepaalde mag ze bij geen enkele netspanning beneden 115 % van de nominale waarde de grensfrequentie overschrijden die uit (c) en (b) volgt en die, naar we hebben gezien, in ons geval 76 impulsen per minuut bedraagt. Hiervoor hebben wij gezorgd door de omstandigheden zo te kiezen dat, even voordat deze grens is bereikt, het thyratron niet meer doorslaat bij iedere impuls op de ontsteekelectrode, doch slechts om de andere. Het thyratron is namelijk zó geconstrueerd dat bij de evenredig met de netspanning verlaagde gelijkspanning *E* de condensator C_1 (fig. 5) na de laatste doorslag nog niet voldoende is geladen om doorslag mogelijk te maken bij de eerstvolgende impuls op de ontsteekelectrode, maar wèl bij de tweede impuls. Er treedt dus bij een bepaalde netspanning (60 tot 70 %) frequentiedeling 2:1 op (fig. 7), waardoor de impulsfrequentie in de schrikdraad ver beneden de critische waarde komt te liggen. Bij nog verdere verlaging van de netspanning gaat de frequentie eerst weer iets stijgen, maar al spoedig houdt dan de werking geheel op. Op deze wijze is aan het onder (h) der Voorschriften bepaalde voldaan, waarbij nog moge worden opgemerkt dat het gebied van de frequentiedeling ligt bij netspanningswaarden die zich in de practijk zo goed als nooit zullen voordoen.

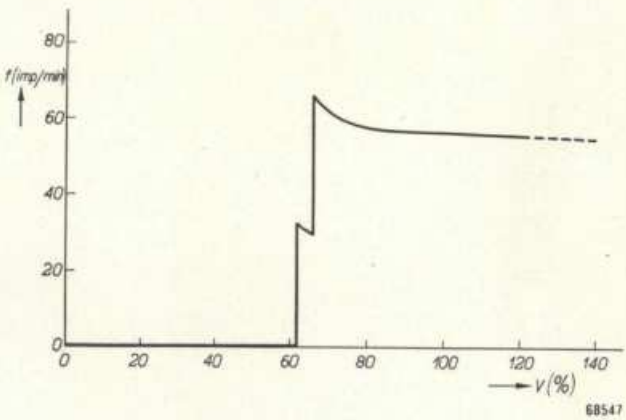


Fig. 7. Het aantal impulsen per minuut (*f*) op de schrikdraad als functie van de netspanning *V* (in % van de nominale waarde). *f* blijft steeds beneden de als maximum toegelaten waarde van 76 impulsen per minuut.

Veiligheid bij defecten of bij verkeerd gebruik van de spanninggever

Wij willen ook nog een kleine beschouwing wijden aan artikel (j) van de Voorschriften, dat veiligheid eist bij defecten in de spanninggever of bij verkeerd gebruik ervan.

Men kan er zich aan de hand van fig. 5 gemakkelijk van overtuigen dat defecten in de vorm van een onderbreking in een electrische verbinding de spanninggever eenvoudig buiten werking stellen en dus geen gevaar opleveren.

Evenmin kan gevaar ontstaan als men de primaire wikkeling van de gloeistroomtransformator zou aansluiten op een lagere spanning dan waarvoor ze is berekend. Bij aansluiten op een te hoge netspanning, bijv. van een voor 127 V bestemd toestel

[5]) Deze veel te grote spanning werd natuurlijk slechts bij wijze van proef aangelegd. De aanstonds ter sprake komende smeltveiligheid in een der toevoerleidingen was daarbij kortgesloten.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

op 220 V, wordt het toestel afgeschakeld door een smeltveiligheid (F, fig. 5).

Letten we nu eens op de bepaling dat er geen gevaar mag ontstaan als een „‚luchtweg' (lees: ontladingsbuis) welke emissiestroom voert wordt overbrugd". De spanninggever bevat, zoals we hebben gezien, drie ontladingsbuizen, die we hier achtereenvolgens zullen beschouwen.

Wordt de diode (D) overbrugd, dan komt er 220 V wisselspanning op de afvlakcondensator (C_0) te staan. Het toestel werkt daarop niet. Bovendien doet de grote wisselstroom die dan door deze condensator vloeit, de genoemde veiligheid doorsmelten, waardoor beschadiging van de electrolytische condensatoren C_0 en C_1 wordt voorkomen.

Kortsluiting tussen twee of meer electroden van de penthode (P) heeft slechts tot gevolg dat de oscillator ophoudt te werken. Daardoor komt het gehele toestel buiten werking, want zonder ontsteekimpulsen slaat het thyratron niet door.

Hoewel het van zelf ontstaan van kortsluiting tussen de anode en de kathode van het thyratron (Th) — gelet op de vorm van deze buis — volkomen onmogelijk is, moet om formele redenen het gevolg ervan toch in aanmerking worden genomen. Overbrugging van het thyratron doet de in *fig. 8* weergegeven keten ontstaan. Men ziet, dat de helft van de gloeispanning van het thyratron komt te staan op de serieschakeling van de condensator C_1 en de primaire spoel van de transformator T_1. Er zal dus in de schrikdraadketen, als deze over een impedantie is gesloten, een ononderbroken wisselstroom lopen, en deze mag, volgens bepaling (a) van de Voorschriften, een topwaarde van ten hoogste 0,7 mA hebben — ook als de bedoelde impedantie de ongunstigste waarde heeft (hier

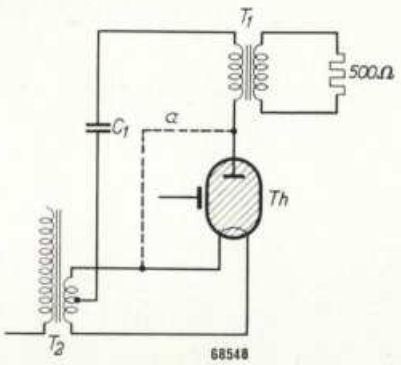


Fig. 8. Wordt het thyratron Th overbrugd door de verbinding a, dan komt de helft (1 V) van de gloeispanning te staan op de serieschakeling van de condensator C_1 en de primaire spoel van de transformator T_1. Ook als de secundaire wikkeling is gesloten over de ongunstigste impedantie (500 ohm), blijft de ononderbroken stroom in deze keten beneden de als maximum toelaatbare waarde (0,7 mA top).

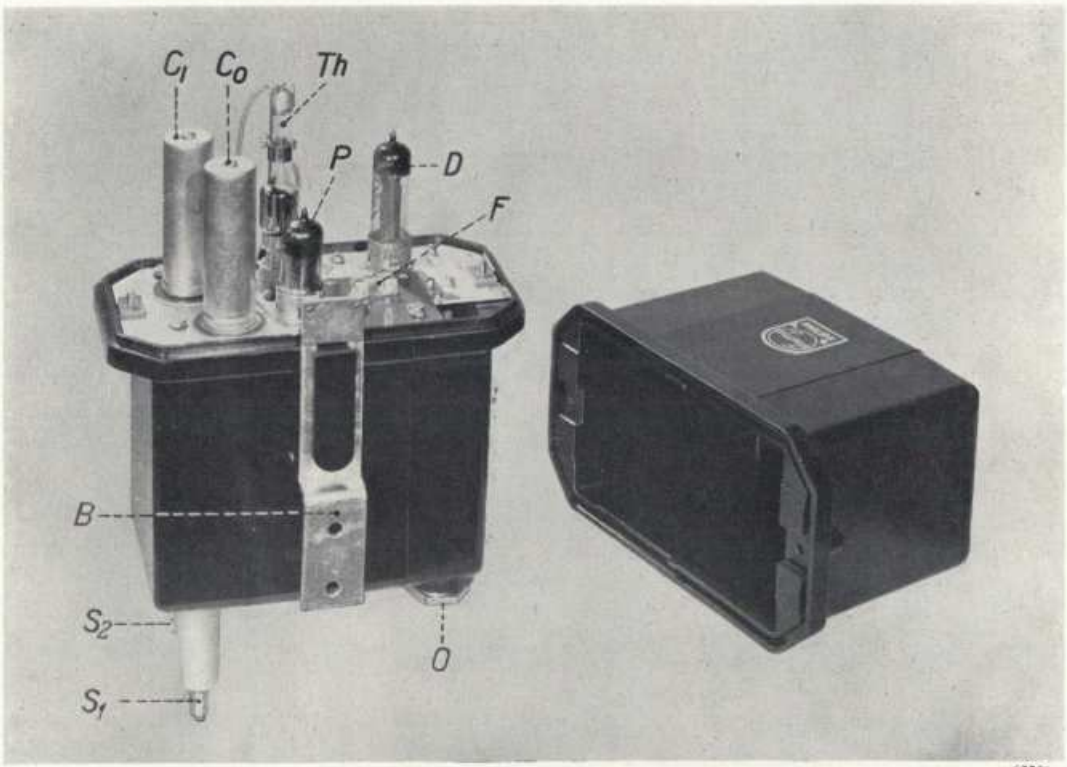


Fig. 9. De spanninggever type 7937/01, geopend en van achteren gezien. B bevestigingsbeugel, O opening voor het binnenvoeren van de netleiding, S_1 en S_2 aansluitklemmen voor de schrikdraad en aarde. C_0, C_1, D, F, P en Th: zie fig. 5.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

500 ohm, zie noot [2])). Dank zij het feit dat de gloeispanning laag is (2 V) en hiervan in het beschouwde geval — doordat C_1 is verbonden met de middenaftakking op de gloeistroomwikkeling — slechts de helft werkzaam is, hebben wij ook aan deze eis kunnen voldoen (door een geschikte dimensionnering van de transformator T_1 en een beperking van de capaciteit C_1 tot 15 μF).

De onderdelen van de spanninggever zijn gemonteerd in een druipwaterdichte kast van een asbesthoudende, en daardoor zeer taaie, soort „Philite" (fig. 1 en *fig. 9*). Er is rekening gehouden met opstelling in de buitenlucht.

De goede werking van de installatie is kenbaar aan een hoorbaar signaal. Dit wordt voortgebracht door twee strookjes transformatorplaat, die verend zijn bevestigd aan de kern van de hoogspanningstransformator (T_1, fig. 5). Als de installatie in orde is, klepperen deze plaatjes bij iedere impuls tegen elkaar, resp. tegen de kern, wat goed hoorbaar is. Indien daarentegen de schrikdraad bijv. ergens in aanraking met de grond is gekomen, is de spanning aan de transformator zoveel lager dat het signaal uitblijft.

Samenvatting. Door vee dat geweid moet worden, niet in een gehele weide toe te laten, maar slechts in een bepaald weideperceel, en de dieren op gezette tijden naar een ander perceel over te brengen, geeft men het gras in het ongebruikte deel van de weide gelegenheid zich te herstellen van de schade die het lopen van het vee heeft aangericht. Op deze wijze kan een gegeven weide een aanzienlijk grotere hoeveelheid gras opbrengen dan bij gewone beweiding. Er is echter een afrastering nodig, hetzij een permanente omrastering van alle weidepercelen, hetzij een verplaatsbare omheining van alleen het in gebruik zijnde perceel. Voor beide methodes biedt de met een electrische spanninggever verbonden gladde schrikdraad grote voordelen boven prikkeldraad, daar het vee zich niet aan de schrikdraad kan wonden en deze goedkoop in aanleg is en desgewenst gemakkelijk is te verplaatsen. Mits de spanninggever voldoet aan bepaalde eisen — voor Nederland van rijkswege bindend verklaarde voorschriften, door de KEMA opgesteld — bestaat er geen gevaar voor mens of dier. Beschreven wordt een spanninggever die werkt met relaxatietrillingen, welke worden gesynchroniseerd door een zelfblokkerende oscillator. De spanninggever is bestemd voor aansluiting op wisselspanning en voldoet aan de gestelde eisen, hetgeen voor enige niet-evidente gevallen wordt toegelicht. De goede werking van de installatie wordt kenbaar gemaakt door een hoorbaar signaal.

BOEKBESPREKING

Gegevens en schakelingen van ontvang- en versterkbuizen (2e supplement: Buizen ontwikkeld in de jaren 1945-'50), door N. S. Markus en J. Otte, 560 blz., 505 figuren. — Philips Technische Bibliotheek (Deel IIIa van de reeks over electronenbuizen) — N.V. Meulenhoff & Co., Amsterdam 1951.

Dit deel vormt met de delen II (1940) en III (1942) een compendium van de door de N.V. Philips tot en met 1950 uitgebrachte electronenbuizen en ook van enige meetapparaten. Het voorgaande deel III werd in dit tijdschrift niet besproken, daar het uitkwam kort voor het verschijningsverbod van het Philips Technisch Tijdschrift in 1942. In dit nieuwe deel worden in hoofdzaak behandeld de na de oorlog uitgebrachte kleine buizen voor omroepontvangers, d.w.z. de zg. Rimlock buizen (E-serie, U-serie en D-serie), een viertal constructief enigszins afwijkende miniatuur D-buizen voor batterijvoeding en een drietal zg. Noval buizen, waarbij het aantal pennen niet 8 maar 9 bedraagt. In de laatste 50 blz. van het boek vindt men ten slotte een beschrijving van 15 nieuwe Philips meet- en hulpapparaten.

Wanneer men een met deze nieuwe buizen uitgeruste omroepontvanger wat de inwendige opbouw betreft vergelijkt met een oudere ontvanger waarvan het electrische principeschema ongeveer hetzelfde is, dan ziet men onmiddelijk welk een vooruitgang ten aanzien van de mechanische constructiemogelijkheden door de invoering van deze buizen is bereikt. Op welke wijze het mogelijk werd de afmetingen van de radiobuizen zo ver gaand te verminderen, zonder afbreuk te doen aan de mogelijkheid van rationele en niet te kostbare fabricage, wordt in de inleiding van dit boek uitvoerig besproken.

In totaal worden 36 buistypen behandeld. Daarnaast vindt men nog een aantal beschrijvingen van complete ontvangers en versterkers waarin deze buizen kunnen worden gebruikt. Opvallend zijn de uitvoerigheid en volledigheid waarmee ieder afzonderlijk type wordt besproken. Daardoor vindt de gebruiker alles bij elkaar wat hij van een bepaalde buis wil weten. Deze wijze van behandeling heeft het boek wel omvangrijk gemaakt, maar komt aan het gebruik zonder twijfel ten goede. Dit te meer doordat de tekst niet alleen uitvoerig is, maar steeds de indruk maakt met zorg en liefde te zijn opgesteld, wat bijzonder aangenaam aandoet.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

Het zou te ver voeren de Philips meetapparaten, waarvan in dit boek een beschrijving voorkomt, hier alle afzonderlijk te noemen. Onder andere vindt men twee kathodestraaloscillografen, hoog- en laagfrequente generatoren en electronische voltmeters. Het meest indrukwekkende apparaat is ongetwijfeld de grote kathodestraaloscillograaf GM 5653, waarvan de versterker een frequentiegebied van circa 5 MHz beslaat, zodat hij goed bruikbaar is voor televisiedoeleinden. De ijkoscillator GM 2885 bevat een kristaloscillator voor 1 MHz, waarvan door middel van frequentievermenigvuldiging en menging met de frequentie van een hulposcillator (0,5 tot 1,0 MHz) een groot aantal frequenties zeer nauwkeurig kunnen worden afgeleid. Als derde noemen we de variabele laagfrequente *RC*-generator GM 2315, waarin de frequentie bepaald wordt door een netwerk van condensatoren en weerstanden.

Onder de behandelde buizen vindt men enkele typen waarvan de toepassing voornamelijk ligt buiten het gebied van de normale omroepontvangst. In hoofdzaak zijn dit de „φ-detector" of enneode EQ 80 [1]), de universeel bruikbare penthode EF 42 (voor versterking van brede frequentiebanden), en de voor ontwerpers van apparaten voor zeer uiteenlopende doeleinden (balansversterkers, televisie-apparaten, electronische rekenmachines, enz.) zo nuttige dubbele triode ECC 40. De behandeling van dit type en van de toepassingsmogelijkheden ervan, hoewel deze reeds 16 blz. in beslag neemt, zou men misschien iets uitvoeriger wensen, terwijl hier, evenals bij de EQ 80, enkele literatuuraanwijzingen niet overbodig zouden zijn geweest. Deze critische opmerking moge overigens geen afbreuk doen aan de zeer gunstige totale indruk van dit practische boekwerk, waarnaar door velen reeds met belangstelling werd uitgezien.

J. van SLOOTEN.

[1]) Zie J. L. H. Jonker en A. J. W. M. van Overbeek, Philips techn. T. **11**, 33-43, 1949.

OVERZICHT VAN RECENTE WETENSCHAPPELIJKE PUBLICATIES DER N.V. PHILIPS' GLOEILAMPENFABRIEKEN

Van deze publicaties, voor zover niet met een sterretje * gemerkt, verstrekt de Administratie van het Natuurkundig Laboratorium, Kastanjelaan, Eindhoven, op aanvrage overdrukken.

1961: J. L. Snoek en E. J. Haes: Laboratory apparatus for the production of a steady flow of very pure hydrogen (Appl. sci. Res. **A2**, 326-328, 1950, No. 4).

Beschrijving van een apparaat om waterstof te zuiveren met behulp van diffusie door een gloeiend metaal. Als diffusie-element dient een systeem van 12 parallelgeschakelde, schroefvormig gewonden nikkelen buizen. Bij 905 °C en een buitendruk van 1 atm verkrijgt men per minuut ongeveer $\frac{1}{4}$ liter zeer zuivere waterstof van atmosferische druk. De levensduur van het apparaat is vele honderden uren.

1962: K. F. Niessen: On the deviations between theoretical and experimental values of the specific heat of superconductors (Physica **16**, 709-718, 1950, No. 9).

De geringe afwijkingen van de experimentele waarden van de soortelijke warmte van supragleidende metalen ten opzichte van de door Heisenberg en Koppe theoretisch verwachte waarden worden teruggebracht tot twee effecten, waarvan het belangrijkste is, dat de dichtheid van de supragleidende electronen, die volgens Heisenberg in de impulsruimte een deel van de Fermi-bol bedekken, aan de rand van het bedekte deel niet abrupt tot nul daalt. Een ander, meer voor de hand liggend, maar in feite minder belangrijk effect komt in het spel als de dikte van de „supragleidende laag" met toenemende temperatuur zou afnemen.

1963: J. de Jonge, R. J. H. Alink en R. Dijkstra: Absorption spectrum and photodecomposition of o-hydroxybenzene diazonium sulphate (Rec. Trav. chim. Pays-Bas **69**, 1448-1454, 1950, No. 11).

Het absorptiemaximum aan de langgolvige zijde van het absorptiespectrum van o-hydroxybenzeendiazoniumzouten opgelost in water ligt bij 3950 Å, maar in 50% zwavelzuur als oplosmiddel bij 3500 Å. Terwijl de ontleding van het in water opgeloste sulfaat door licht quantitatief leidt tot een derivaat van cyclopentadieen, leidt die van hetzelfde product in 50% zwavelzuur grotendeels tot catechol. Het effect van zwavelzuur op het spectrum en op de

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

ontleding door licht kan worden toegeschreven aan een verhoging van de energie van de quinoïde resonantiestructuur van het o-hydroxybenzeendiazonium in het sterk zure milieu.

1964: D. Polder: Ferrite materials (Proc. Inst. El. Engrs. **97** II, 246-256, 1950, No. 56).

Overzicht betreffende de electrische en magnetische eigenschappen van zg. ferrieten in verband met physicochemische beschouwingen. Een en ander wordt meegedeeld over fabricage en toepassingsmogelijkheden. Meetmethoden worden beschreven voor het meten van de complexe permeabiliteit en de complexe diëlectrische constante in verschillende frequentiegebieden (1-100 MHz, 100-500 MHz, $>$ 500 MHz).

1965*: J. M. Stevels: Expériences et théories sur le facteur de puissance des verres en fonction de leur composition, I (Verres et Réfractaires **4**, 83-89, 1950, No. 2).

Vertaling van **R 127.**

1966: J. I. de Jong: Note on the reaction of urea and formaldehyde (Rec. Trav. chim. Pays-Bas **69**, 1568, 1950, No. 12).

In tegenstelling tot de uitkomsten van andere auteurs vindt de schrijver een zuiver bimoleculaire reactie zonder aanvankelijke daling van p_H indien neutraal formol wordt gevoegd bij een verse oplossing van herhaaldelijk omgekristalliseerd ureum. De bedoelde afneming van p_H en de vergroting van de reactiesnelheid bij het begin van de reactie moeten vermoedelijk worden toegeschreven aan kleine hoeveelheden ammoniumzouten.

1967: J. D. Fast: Le vieillissement du fer et de l'acier (Revue Métallurgie **47**, 779-786, 1950, No. 10).

Voor de inhoud van dit artikel zie Philips techn. T. **13**, 165-171 en 172-180, 1951 (No. 6).

R 148: C. J. Bouwkamp: On Bethe's theory of diffraction by small holes (Philips Res. Rep. **5**, 321-332, 1950, No. 5).

Opmerkingen naar aanleiding van Bethe's behandeling van de buiging van electromagnetische golven door een cirkelvormige opening. Bethe leidt het buigingsveld af uit denkbeeldige magnetische ladingen en stromen in het vlak van de opening. Nader onderzoek leert dat het electrische veld in de opening volgens de theorie van Bethe discontinu zou moeten zijn, wat natuurlijk niet kan. De oorzaak van de discontinuïteit is dat Bethe's uitdrukking voor de magnetische stroomdichtheid onjuist is, zoals blijkt uit het eenvoudige geval van vlakke golven evenwijdig aan het vlak van de opening. Hoewel het buigingsveld op grote afstand van de opening hierdoor niet wordt beïnvloed, wijkt het ware electrische veld in de opening sterk af van de door Bethe gegeven uitdrukking.

R 149: J. L. Meijering: Segregation in regular ternary solutions, I (Philips Res. Rep. **5**, 333-356, 1950, No. 5).

De afscheiding in ternaire phasen wordt thermodynamisch bekeken, met beperking tot „regulaire" oplossingen. Belangrijke gevolgtrekkingen kan men maken door de spinodale lijnen (grenzen tussen stabiele en metastabiele gebieden) te analyseren. De drie parameters die de onderlinge wisselwerking tussen de drie componentenparen beheersen, worden onafhankelijk van elkaar gevarieerd en de voorwaarden voor het optreden van gesloten ontmenggebieden geformuleerd.

R 150: H. C. Hamaker en Th. Hehenkamp: Minimum-cost transformers and chokes, I (Philips Res. Rep. **5**, 357-394, 1950, No. 5).

Voor het ontwerpen van een transformator wordt uitgegaan van een prijsformule, een vermogenformule en een verliezenformule. De vraag wordt gesteld om bij gegeven vermogen en gegeven verliezen de prijs minimaal te maken. Dit probleem wordt opgelost en de oplossing in een gemakkelijk toepasbare vorm gebracht, waarbij blijkt dat de goedkoopste oplossing afhangt van de verhouding vermogen/verliezen. Andere mogelijk te stellen voorwaarden, zoals een voorgeschreven maximale temperatuur of maximale topwaarde van de magnetische fluxdichtheid, worden ook besproken.

R 151: P. Cornelius: Proposals and recommendations concerning the definitions and units of electromagnetic quantities (modifications) (Philips Res. Rep. **5**, 395-396, 1950, No. 5).

Naast het symbool $j = JV$ voor het magnetisch dipool-moment in (Wb·m) wordt het symbool $m = MV$ voor het magnetisch „oppervlaktemoment" (in A·m²) ingevoerd en in analogie daarmee naast het symbool $p = PV$ (in C·m) voor het electrische dipoolmoment een symbool $f = FV$ (in V·m²) voor het „electrisch oppervlaktemoment" (V volume in m³, J magnetische polarisatie in Wb/m², M magnetisatie in A/m, P electrische polarisatie in C/m², F electrisatie in V/m).

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

R 152: C. J. Bouwkamp: On the diffraction of electromagnetic waves by small circular disks and holes (Philips Res. Rep. **5**, 401-422, 1950, No. 6).

Behandeling van de buiging van een vlakke gepolariseerde electromagnetische golf aan een geleidende cirkelvormige schijf bij loodrechte inval. Voor de stromen in de schijf worden integro-differentiaalvergelijkingen afgeleid. Deze vergelijkingen worden benaderend opgelost in de onderstelling dat de straal van de schijf klein is vergeleken bij de golflengte. Zes termen van een machtreeksontwikkeling in de variabele ka worden berekend (k = golfgetal, a = straal van de schijf). Het buigingsveld op het oppervlak van de schijf wordt berekend met dezelfde nauwkeurigheid, evenals het veld op grote afstand. Er wordt een uitdrukking afgeleid voor het verstrooiend vermogen van het schijfje. Ten slotte wordt met behulp van het principe van Babinet de oplossing gegeven voor het geval van buiging van een vlakke golf door een cirkelvormige opening in een oneindig groot geleidend scherm (zie **R 148**).

R 153: G. Diemer: Passive feedback admittance of disc-seal triodes (Philips Res. Rep. **5**, 423-434, 1950, No. 6).

Bij frequenties van de orde van 10^{10} Hz speelt de zelfinductie van de roosterdraden in een schijftriode een belangrijke rol voor de inductieve terugkoppeling tussen anode en kathode. Aangetoond wordt dat bij een goed gekozen vormgeving van de buis dit feit kan worden gebruikt om de capacitieve terugkoppeling tussen anode en kathode te compenseren.

R 154: J. M. L. Janssen: The method of discontinuities in Fourier analysis (Philips Res. Rep. **5**, 435-460, 1950, No. 6).

Overzicht betreffende diverse publicaties over de methode der discontinuïteiten in de Fourieranalyse. Aangetoond wordt dat een meer algemene aanpak mogelijk is als men uitgaat van de Fourierintegraal in plaats van de Fourier-reeks. Dan kan men op een eenvoudige en natuurlijke wijze ook het frequentiespectrum van continue functies volgens genoemde methode vinden. Onderzocht wordt hoe snelle veranderingen kunnen worden behandeld als echte discontinuïteiten. Correctiefactoren worden afgeleid, die rekening houden met de vorm van de snelle verandering. Verschillende toepassingen worden vermeld; o.a. wordt de methode toegepast op het probleem van de sommatie van een reeks, waarbij een sommatieformule volgens Euler voor den dag komt.

R 155: W. Ch. van Geel en B. C. Bouma: Variation en fonction de la fréquence de la caractéristique dynamique $i(V)$ du système Al-Al_2O_3-électrolyte (Philips Res. Rep. **5**, 461-475, 1950, No. 6).

De stroom-spanning-karakteristiek van het systeem Al-Al_2O_3-electrolyt vertoont een lus; met stijgende frequentie daalt de topwaarde van de stroom. Bij 5000 Hz nadert de lus tot de V-as en verdwijnt de gelijkrichtende werking. Bij een vers gevormde laag neemt de stroom in de doorlaatrichting sterk toe na het inschakelen van de wisselspanning; na enkele seconden wordt een maximum bereikt. De samenstelling van de laag is niet stabiel. Voor maximale gelijkrichtende werking moet zich eerst een bepaalde toestand instellen. Ook daarna is de toestand niet stabiel, maar afhankelijk van de polariteit van de aangelegde spanning, waardoor de lus verklaard wordt. Dit verschijnsel is te begrijpen als men onderstelt dat de oxydelaag nabij het metaal een overmaat Al bevat, dwz. dat dit deel van de laag een overmaat-halfgeleider is. De rest van de laag werkt als keerlaag, waarvan de dikte afhangt van de richting van de aangelegde spanning. De variatie ontstaat door electrolyse in de oxydelaag. Een andere wijze van verklaring is, aan te nemen, dat een deel van de laag aan de electrolytzijde overmaat zuurstof bevat en een defect-halfgeleider is.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!